



Escuela
Politécnica
Superior

Monitorización de pacientes con enfermedades cardiovasculares mediante pulseras inteligentes.



Trabajo Fin de Grado

Autor:

Carlos Chico Martínez

Tutor/es:

José García Rodríguez

Septiembre 2019



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Resumen

El presente documento es la memoria del trabajo final de grado que lleva por nombre “Monitorización de pacientes con enfermedades cardiovasculares”. Ha sido realizado por el alumno de Ingeniería Multimedia Carlos Chico Martínez y ha sido supervisado por José García Rodríguez, durante el curso 2018-2019.

El proyecto plantea el diseño de un entorno de monitorización y control de pacientes que hayan sufrido o estén en riesgo de sufrir alguna afección cardiovascular. Se ha creado un sistema compuesto por una aplicación web que es la que usará el profesional sanitario para llevar un control sobre los pacientes que estén haciendo uso de la pulsera cuantificadora. Por otra parte, al propio paciente dispondrá de una aplicación móvil en la cual podrá visualizar tanto los registros que ha ido recopilando la pulsera como ciertos avisos como próximas consultas médicas, control de la medicación o recomendaciones para mejorar su calidad de vida concerniente a la afección.

El objetivo principal del proyecto es conocer las necesidades de las personas que padecen patologías tan delicadas como lo son las afecciones cardiovasculares y proporcionarles una vía sencilla para llevar un control sobre su estado, mejorando así su calidad de vida. A su vez, también poder facilitar al personal médico el seguimiento sobre sus pacientes.

Para llevar a cabo el desarrollo del proyecto se ha tenido que realizar un estudio exhaustivo para crear un nexo de unión entre el ámbito sanitario y el tecnológico. De forma que se genere una gran cohesión entre ambos. Se trata de que mediante este nexo se pueda generar un gran valor para los usuarios finales del sistema. Se han estudiado tanto las tecnologías software como las de hardware para decidir cuál es la que mejor se pueda adaptar a los requerimientos previos al desarrollo del proyecto. Por otra parte, se han estudiado las propuestas similares que ya han sido desarrolladas, tanto para aprender de estas, como para ver en qué aspectos se puede aportar algo novedoso o más eficaz que lo que ya existe.

Una vez se ha recopilado tanto la información sobre la patología como decidido las tecnologías a utilizar, se deja paso al desarrollo del sistema. Primero se desarrolla la parte del back-end, parte que gestiona toda la información del sistema. Está formado por el servidor y la base de datos. Después se desarrolla el front-end, esta parte es la que accede el usuario, se trata de hacerla lo más usable y accesible posible debido a que, como veremos en esta memoria, los usuarios finales en su mayoría tienen pocos conocimientos sobre este tipo de tecnología. Por lo que el diseño visual de esta parte cobra una importancia notoria, ya que se trata de un servicio bastante sensible dado que tratamos con una aplicación orientada a monitorizar la salud de los pacientes.

Motivación

Desde hace muchos años me he sentido atraído por la idea de dedicar mi vida a mejorar y facilitar la vida de los demás, considero que no hay nada más bonito que ayudar a aquellos que más lo necesitan. El simple pero maravilloso hecho de poder poner los conocimientos adquiridos durante estos años de carrera al servicio de aquellos que no están pasando por sus mejores momentos es una gran motivación. En mi opinión, saber que con tu trabajo puedes ayudar a mejorar la vida de tanta gente es algo muy gratificante.

En segundo año de carrera se imparte “Usabilidad y Accesibilidad”, una asignatura que me llamó muchísimo la atención. Debido a que se trataban temas de cómo adaptar distintos entornos tecnológicos a personas con ciertas discapacidades. No se trataba de hacer las cosas atractivas para el gran público, sino de hacer la tecnología accesible a aquellas personas que lo tienen más difícil y en las que a veces, por desgracia, no se les tiene en cuenta a la hora de desarrollar los productos. Esa asignatura no hizo más que refrendar mi idea sobre que mediante esta carrera podría dedicarme a ayudar a muchas personas.

El hecho de poder desarrollar un proyecto de estas características, hace que pueda llevar a cabo un trabajo en el que aprenda sobre un campo que es totalmente distinto al mío. Lo cual, repercutirá en un aumento del espectro de mis conocimientos, ya que se lleva a cabo una labor de inmersión y estudio de un mundo muy distinto a lo que he estudiado durante la carrera. El enriquecimiento de este proyecto es debido, sobre todo, a que una única persona se dedica al desarrollo completo del proyecto. Naturalmente, lo ideal para un proyecto de este tipo, sería que el equipo de desarrollo fuese multidisciplinar, contando con profesionales de ambos sectores.

Con este proyecto pretendo, gracias a los conocimientos adquiridos durante la carrera, realizar una aplicación móvil y otra web que sean totalmente funcionales para los requisitos que debe cumplir una aplicación de este tipo. Un aspecto muy importante de este proyecto es dotar a las aplicaciones de una gran accesibilidad y usabilidad, debido al público al que va dirigido.

Con el Trabajo de Fin de Grado y el proyecto de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), he tenido la oportunidad de profundizar en el aprendizaje, no solo de la tecnología, si no en aspectos de planificación, análisis, especificación y desarrollo. Lo cual me servirá de gran ayuda los proyectos a los que me enfrente en el futuro.

Agradecimientos

A todas las personas que me han acompañado durante estos años de estudio. A mis amigos y compañeros de universidad.

A mi novia por toda la ayuda prestada y por su gran comprensión.

A mi padre y mis hermanos por apoyarme en los momentos más difíciles.

A mi tutor José García Rodríguez por saber guiarme en un tema poco conocido para mí.

Y por último y más importante, a ti mamá, por estar siempre ahí y por animarme a seguir adelante cuando todo parecía perdido. Sin ti nunca habría llegado al final del camino.

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado tanto a todas aquellas personas que padecen una enfermedad cardiovascular, como a todos los servicios médicos y personas que trabajan incansablemente para mejorar la calidad de vida de estas personas.

Si algo es lo suficientemente importante, deberías intentarlo. Incluso si el resultado probable es el fracaso.

Elon Musk.

El buen médico trata la enfermedad; el gran médico trata al paciente que tiene la enfermedad.

William Osler.

Índice de contenidos

Resumen.....	2
Motivación.....	4
Agradecimientos.....	6
Dedicatoria	8
Índice de figuras.....	14
Índice de tablas.....	16
Abreviaturas.....	18
1. Introducción	20
2. Estado del arte	22
2.1. Afecciones cardiovasculares.....	22
2.2. Causas.....	25
2.3. Prevención.....	26
2.4. Grupos de riesgo.....	27
2.5. Tratamientos	29
2.6. Tecnologías actuales.....	30
2.6.1. Smartbands	31
2.6.2. Características.....	31
2.6.3. Estudio de mercado	33
2.7. Proyectos semejantes	40
2.7.1. Finalidad.....	41
2.7.2. Estudio de la competencia	41
2.7.3. Aportaciones	46
2.8. Futuro y eSalud	47
3. Objetivos	50
3.1. Objetivos específicos.....	50
3.2. Relación con las asignaturas	51
4. Metodología	54
4.1. Herramientas software.....	54
4.1.1. Documentación.....	54
4.1.2. Planificación y gestión del proyecto.	55
4.1.3. Diseño.....	56

4.1.4.	Desarrollo.....	56
4.2.	Herramientas hardware	57
4.2.1.	Xiaomi Mi Band 3.....	58
4.2.2.	Redmi Note 7.....	59
4.3.	Ingeniería inversa.....	59
5.	Viabilidad.....	62
5.1.	Planificación	62
5.2.	Riesgos.....	64
6.	Análisis y especificación	72
6.1.	Características del sistema.....	72
6.2.	Requisitos	73
6.2.1.	Requisitos funcionales.....	74
6.2.2.	Requisitos no funcionales.....	78
6.3.	Casos de uso.....	80
7.	Diseño y arquitectura	86
7.1.	Diagrama E-R.....	86
7.2.	Mockups.....	87
8.	Desarrollo e implementación.....	94
8.1.	Tecnologías utilizadas.....	94
8.2.	BackEnd	94
8.2.1.	Base de datos, servidor y API	94
8.3.	FrontEnd	100
8.3.1.	Aplicación web y aplicación móvil.....	100
9.	Conclusión	110
9.1.	Verificación de los objetivos	110
9.2.	Mejoras para el futuro	111
9.3.	Valoración personal del proyecto.....	111
10.	Bibliografía y referencias.....	112
11.	Anexo.....	114

Índice de figuras.

Figura 1. Samsung Galaxy Gear Fit 2 Pro teardown	33
Figura 2. Pulsera Fitbit Cahrge 3.....	34
Figura 3. Pulsera Samsung Galaxy Gear Fit 2 Pro	35
Figura 4. Pulsera Xiaomi Mi Band 3	36
Figura 5. Pulsera Huawei Band 3 PRO.....	36
Figura 6. Pulsera Garmin Vivosmart 4.....	37
Figura 7. Pulsera Moov Now	38
Figura 8. Empatica Embrace 2	39
Figura 9. Aplicación ASCVD Risk Estimator Plus.....	42
Figura 10. Aplicación AliveCor con el sensor Kardia	43
Figura 11. Aplicación CardioVisual.....	44
Figura 12. Aplicación Mi Fit.....	44
Figura 13. Aplicación Runtastic.....	45
Figura 14. Aplicación Cardiio.....	46
Figura 15. Logos de Dropbox y Microsoft Word	55
Figura 16. Logos de Trello y Microsoft Excel	55
Figura 17. Logos de Draw.io, Photoshop y Justinmind	56
Figura 18. Logos de GitHub, MySQL Workbench, Postman y Visual Studio Code.....	57
Figura 19. Pulsera Xiaomi Mi Band 3	58
Figura 20. Teléfono móvil Redmi Note 7	59
Figura 21. Proceso de ingeniería inversa.....	60
Figura 22. Diagrama de Gantt, Hito 0	62
Figura 23. Diagrama de Gantt, Hito 1	63
Figura 24. Diagrama de Gantt, Hito 2	63
Figura 25. Diagrama de Gantt, Hito 3	64
Figura 26. Diagrama ER	86
Figura 27. Mockup login web	87
Figura 28. Mockup registro web	87
Figura 29. Mockup pacientes web	88
Figura 30. Mockup detalle paciente.....	88
Figura 31. Mockup patologías	89
Figura 32. Mockup medicaciones.....	89
Figura 33. Mockups recomendaciones	90
Figura 34. Mockups inicio aplicación	90
Figura 35. Mockups registro aplicación	91
Figura 36. Mockups historial aplicación	91
Figura 37. Mockups medicación aplicación.....	92
Figura 38. Mockups recomendaciones aplicación	92
Figura 39. Mockups vincular aplicación	93
Figura 40. MySQL Workbench.....	94
Figura 41. Esquema de la base de datos.....	96

Figura 42. NodeJS y Express.....	96
Figura 43. Angular y TypeScript.....	101
Figura 44. HTML, CSS, JS y Bootstrap.....	101
Figura 45. Página de inicio.....	102
Figura 46. Formulario de registro	102
Figura 47. Página de listado de pacientes asignados	103
Figura 48. Página detalles del paciente	103
Figura 49. Página lista de patologías	104
Figura 50. Página listado de medicaciones.....	104
Figura 51. Página de listado de recomendaciones.....	105
Figura 52. Ionic	105
Figura 53. Inicio y Registro de la aplicación móvil.....	106
Figura 54. Historial y Medicación de la aplicación móvil	107
Figura 55. Recomendaciones y Vincular de la aplicación móvil	108

Índice de tablas.

Tabla 1. Comparación entre las pulseras analizadas.....	40
Tabla 2. Riesgo 1	65
Tabla 3. Riesgo 2	65
Tabla 4. Riesgo 3	65
Tabla 5. Riesgo 4	65
Tabla 6. Riesgo 5	66
Tabla 7. Riesgo 6	66
Tabla 8. Riesgo 7	66
Tabla 9. Riesgo 8	66
Tabla 10. Riesgo 9	67
Tabla 11. Riesgo 10	67
Tabla 12. Riesgo 11	67
Tabla 13. Riesgo 12	68
Tabla 14. Riesgo 13	68
Tabla 15. Riesgo 14	68
Tabla 16. Riesgo 15	68
Tabla 17. Riesgo 16	69
Tabla 18. Riesgo 17	69
Tabla 19. Riesgo 18	69
Tabla 20. Riesgo 19	69
Tabla 21. Riesgo 20	70
Tabla 22. Riesgo 21	70
Tabla 23. Riesgo 22	70
Tabla 24. Riesgo 23	71
Tabla 25. Riesgo 24	71
Tabla 26. Riesgo 25	71
Tabla 27. Riesgo 26	71
Tabla 28. Característica básica 1	72
Tabla 29. Característica básica 2	72
Tabla 30. Característica básica 3	73
Tabla 31. Característica básica 4	73
Tabla 32. Característica básica 5	73
Tabla 33. Característica básica 6	73
Tabla 34. Requisito funcional 1.....	74
Tabla 35. Requisito funcional 2.....	74
Tabla 36. Requisito funcional 3.....	74
Tabla 37. Requisito funcional 4.....	75
Tabla 38. Requisito funcional 5.....	75
Tabla 39. Requisito funcional 6.....	75
Tabla 40. Requisito funcional 7.....	75

Tabla 41. Requisito funcional 8.....	75
Tabla 42. Requisito funcional 9.....	76
Tabla 43. Requisito funcional 10.....	76
Tabla 44. Requisito funcional 11.....	76
Tabla 45. Requisito funcional 12.....	76
Tabla 46. Requisito funcional 13.....	76
Tabla 47. Requisito funcional 14.....	77
Tabla 48. Requisito funcional 15.....	77
Tabla 49. Requisito funcional 16.....	77
Tabla 50. Requisito funcional 17.....	77
Tabla 51. Requisito funcional 18.....	77
Tabla 52. Requisito funcional 19.....	78
Tabla 53. Requisito no funcional 1	78
Tabla 54. Requisito no funcional 2	78
Tabla 55. Requisito no funcional 3	79
Tabla 56. Requisito no funcional 4	79
Tabla 57. Requisito no funcional 5	79
Tabla 58. Requisito no funcional 6	79
Tabla 59. Requisito no funcional 7	79
Tabla 60. Caso de uso 1.....	80
Tabla 61. Caso de uso 2.....	80
Tabla 62. Caso de uso 3.....	81
Tabla 63. Caso de uso 4.....	81
Tabla 64. Caso de uso 5.....	81
Tabla 65. Caso de uso 6.....	81
Tabla 66. Caso de uso 7.....	82
Tabla 67. Caso de uso 8.....	82
Tabla 68. Caso de uso 9.....	82
Tabla 69. Caso de uso 10.....	82
Tabla 70. Caso de uso 11.....	83
Tabla 71. Caso de uso 12.....	83
Tabla 72. Caso de uso 13.....	83
Tabla 73. Caso de uso 14.....	83
Tabla 74. Caso de uso 15.....	84
Tabla 75. Caso de uso 16.....	84
Tabla 76. Caso de uso 17.....	84
Tabla 77. Documentación de la API.....	117

Abreviaturas.

API	Application Programming Interface
BT	Bluetooth
ECV	Enfermedad Cardiovascular
IA	Inteligencia Artificial
OMS	Organización Mundial de la Salud
EHN	European Heart Network
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
BLE	Bluetooth Low Eneergy
HTTP	Hypertext Transfer Protocol

1. Introducción

Este trabajo plantea la monitorización de personas con determinadas dolencias. Para ello se plantea el uso de un dispositivo wearable, una aplicación móvil y una aplicación web, poder recoger distintos parámetros sobre la condición física del paciente que ofrecen los sensores de la pulsera y mostrarlos en una aplicación móvil que servirá al propio paciente o a su cuidador para chequear el estado de salud. A su vez, la aplicación mostrará información relevante, como pueden ser consejos específicos para prevenir las distintas crisis, recordatorios o información sobre los fármacos que debe tomar, o las próximas visitas al médico. Además, el paciente o el cuidador podrán mantener una comunicación directa con el personal clínico mediante mensajes. Por otro lado, se ha realizado una aplicación web que usará el profesional médico para llevar un seguimiento del paciente.

Se trata de continuar la investigación iniciada en este campo en los trabajos anteriores como los de Gala García [1] y Sergio Castro [2], ambos compañeros de Ingeniería Multimedia, pero dándole un enfoque distinto tratando unas afecciones diferentes. Lo cual puede enriquecer el proyecto común que empezó hace unos años.

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en el mundo. Según datos de la OMS, cada año mueren más personas por alguna enfermedad cardiovascular que por cualquier otra causa. Según estima esta organización de aquí al año 2030, casi 23.6 millones de personas morirán por alguna de estas afecciones y se prevé que estas enfermedades sigan siendo la principal causa de muerte. Estos datos no hacen más que reflejar la situación tan comprometida en la que se encuentran los afectados por estas enfermedades.

El ritmo de vida actual, los malos hábitos, patologías hereditarias, etc. Muchos son los factores que pueden derivar en ciertas patologías cardiovasculares de mayor o menor riesgo. Pero una cosa es segura, aprender a reconocer cuando va a ocurrir un ataque, conocer ciertas pautas y consejos de cómo prevenirlo y sobretodo, actuar de forma rápida ante los ataques, puede no solo mejorar la calidad de vida de los pacientes, sino que también puede salvarles la vida.

Esto es un hecho, en las enfermedades cardiovasculares, una rápida actuación resulta vital. Por lo que contar con herramientas que te permitan conocer el momento exacto en el que se está produciendo el ataque puede llegar a salvar la vida del afectado. Y si podemos potenciar dicha herramienta de forma que no solo permita al enfermo o a su cuidador conocer el estado, sino que incluimos en la ecuación al personal sanitario, se crea un sistema mucho más robusto. De esta forma hacemos que el médico lleve un control más personalizado, con el que poder monitorizar al paciente más allá de los controles y chequeos que se le realicen en los hospitales.

En este proyecto se aborda tanto la prevención como la actuación, ya que como hemos visto, son las formas más efectivas de luchar contra las enfermedades cardiovasculares.

Debido a que el mayor objetivo del mismo es conseguir hacer un sistema cómodo y que pueda servir de ayuda para situaciones tan sensibles, tanto para el que la padece como para su entorno, como puede ser el padecer alguna enfermedad cardiovascular.

2. Estado del arte

En este punto abordaremos temas concernientes a las propias enfermedades cardiovasculares (ECV). Temas como las causas que pueden dar origen a las afecciones, como poder prevenir en ciertos casos dichas patologías, los grupos de riesgo de la población y el avance que está teniendo en nuestra sociedad. Por otro lado, veremos qué tecnologías existen en la actualidad que puedan ser utilizadas para este proyecto, se realizará un estudio de mercado tanto de pulseras inteligentes como de los proyectos existentes que tengan una finalidad semejante a la que atañe este proyecto. Para finalizar, se expondrá la tecnología e-Salud, qué es y qué futuro tiene por delante.

2.1. Afecciones cardiovasculares

Existen varios tipos de enfermedades cardiovasculares y muchos son los factores que las determinan. Un gran número de las patologías cardiovasculares son debidas a la aterosclerosis. En la aterosclerosis las paredes de las arterias se vuelven gruesas y rígidas debido a la acumulación de depósitos grasos llamados placas. Cuando esto ocurre, el flujo de sangre se ve interrumpido. Esta afección puede ocurrir en todo el cuerpo. La aterosclerosis ocurre durante un periodo de tiempo y sus consecuencias pueden ser graves, incluyendo el infarto de miocardio y el accidente cerebrovascular. Según la World Heart Federation [3] encontramos distintas afecciones cardiovasculares.

ECV debidas a la aterosclerosis:

- **Enfermedad cerebrovascular:** Enfermedad referente a los vasos sanguíneos del cerebro, puede derivar en un accidente cerebrovascular [4].
- **Enfermedad isquémica del corazón:** Enfermedades del corazón causadas por el estrechamiento de las arterias coronarias. Incluye la angina de pecho, enfermedad coronaria y el infarto de miocardio [5].
- **Enfermedad cardíaca hipertensiva:** La presión sanguínea alta puede sobrecargar el corazón y los vasos sanguíneos. Incluye aneurisma y enfermedad arterial periférica.

Otro tipo de afecciones relacionadas con el corazón son las enfermedades cerebrovasculares. Suelen ser fenómenos agudos que se deben, sobretudo, a obstrucciones que impiden que la sangre fluya hacia el cerebro. Si el flujo se corta, puede conducir a accidentes cerebrovasculares o ataques isquémicos transitorios.

- **Stroke.** El stroke o accidente cerebrovascular ocurre cuando se interrumpe el suministro de sangre al cerebro. Esto puede ocurrir cuando un vaso sanguíneo en el cerebro o el cuello está bloqueado. Si esto ocurre, el cerebro se ve privado de oxígeno

y alguna de sus partes puede quedar dañada permanentemente. Un derrame cerebral puede matar o dejar con una discapacidad permanente.

- **Ataques isquémicos transitorios.** También sucede cuando el flujo sanguíneo se ve bloqueado un breve periodo de tiempo. La pérdida temporal de la sangre en el cerebro causa un cambio breve en la función cerebral. Pero estos cambios desaparecen y el daño permanente es poco probable.

La cardiopatía isquémica es una enfermedad producida por la arteriosclerosis coronaria. Es un proceso de deformación de colágeno y acumulación de grasas y células inflamatorias. Lo que provoca un estrechamiento de las arterias coronarias.

- **Angina.** Aparece como un dolor en el pecho que se produce por la reducción del flujo sanguíneo al corazón, lo que se conoce como isquemia. También se puede asociar con dificultad para respirar y sudoración. El dolor de la angina va asociado al dolor de pecho, y a menudo se irradia al brazo izquierdo o el hombro.
- **Enfermedad de la arteria coronaria.** También causada por la aterosclerosis. Se trata de una forma muy común de las enfermedades del corazón y una de las principales causas del infarto de miocardio.
- **Infarto de miocardio.** Se produce cuando se interrumpe el suministro de sangre del corazón. Sin embargo, estos ataques pueden no resultar mortales, especialmente si se recibe atención inmediata y se lleva a cabo el tratamiento para hacer frente a la obstrucción. Se manifiesta como un dolor torácico, que también se irradia al brazo izquierdo.
- **Muerte súbita.** Es debida a una gran pérdida de la capacidad del corazón para bombear sangre.

Dentro de las cardiopatías encontramos también la cardiopatía hipertensiva. Esta es debida a que la presión dentro de los vasos sanguíneos es muy alta. Dentro de estas cardiopatías encontramos:

- **Aneurisma.** Se trata de la aparición una protuberancia en la pared de un vaso sanguíneo. Se agrandan con el paso del tiempo y la rotura de una aneurisma puede ser mortal. Pueden aparecer en las arterias de cualquier parte del cuerpo. Pero los sitios más comunes se encuentran en la aorta abdominal y las arterias de la base del cerebro.
- **Presión arterial alta o hipertensión.** Cuando el corazón bombea con una fuerza excesiva provoca una alta presión arterial, lo que puede producir muchos tipos de enfermedades cardiovasculares. Enfermedades como la apoplejía, la insuficiencia cardíaca o una enfermedad renal.
- **Enfermedad arterial periférica.** Esta enfermedad también es debida a la aterosclerosis. Se puede manifestar como dolor en las piernas al caminar, que se

alivia con el reposo. Puede derivar en un mayor riesgo de padecer gangrena en las piernas.

Cuando se inflaman alguna de las tres paredes del corazón puede producirse lo que se denomina como enfermedad cardíaca inflamatoria.

- **Cardiomiopatía.** Es referente a enfermedades del músculo del corazón. Uno de los tipos más comunes es la miocardiopatía dilatada idiopática, en la cual el corazón es más grande de lo que debería.
- **Enfermedad pericárdica.** La bolsa que recubre el corazón se llama pericardio y se puede ver afectada por diversas afecciones como la pericarditis, que es una inflamación del pericardio, acumulación de líquido y la pericarditis constrictiva, que hace que el pericardio presente rigidez.
- **Enfermedad cardíaca valvular.** Las válvulas del corazón tienen la función de mantener el flujo sanguíneo en la dirección correcta. Pero algunas condiciones pueden llevar a un daño valvular. En estas válvulas se pueden producir fugas, se pueden ver reducidas o no cerrarse correctamente. Estas afecciones pueden ser congénitas o se pueden producir por otros trastornos como la fiebre reumática (causada por bacterias estreptocócicas), algunas infecciones o por el consumo de ciertos medicamentos.

Para finalizar, se ha de mencionar otro tipo de patologías que pueden afectar al sistema cardíaco.

- **Enfermedad cardíaca congénita.** Se produce cuando el bebe nace con malformaciones en las estructuras del corazón. Puede ser debido a los genes heredados de los padres o a una exposición durante el embarazo a ciertos elementos, como pueden ser medicamentos o el consumo excesivo de alcohol. Algunos ejemplos de enfermedades cardiacas congénitas son la aparición de agujeros en el corazón, cámaras de los corazones anormales y válvulas anormales.
- **Insuficiencia cardíaca.** Es una condición crónica que sucede cuando el músculo del corazón se ve dañado por la incapacidad para bombear la sangre de forma adecuada por el cuerpo. Vuelve al corazón menos eficaz que un corazón sano, por lo que puede derivar en otra serie de afecciones. Ya que los órganos pueden no recibir la suficiente cantidad de sangre y oxígeno para funcionar correctamente. Es una enfermedad que suele afectar a personas de edad avanzada y se suele manifestar como falta de aire. Padecerla reduce la tolerancia a realizar grandes ejercicios físicos.
- **Arritmias cardíacas.** Se trata de alteraciones en el ritmo cardíaco, estas hacen que la velocidad con la que late el corazón varíe de forma irregular, ya sea demasiado rápido o demasiado lento. Las arritmias en su mayoría no son peligrosas. Sin embargo, algunas pueden resultar bastante graves e incluso causar la muerte. Entre los tipos de arritmias más comunes se encuentran [6]:
 - Fibrilación auricular, en la que el corazón se contrae de manera irregular.

- Bradicardia, se produce cuando el corazón late demasiado lento
- Taquicardia supraventricular, cuando el corazón late demasiado rápido.

2.2. Causas

Muchas son las causas que originan las distintas enfermedades cardiovasculares. Los factores de riesgo más comúnmente reconocidos por la comunidad sanitaria son tales como:

- **Causas genéticas.** Algunos genes están relacionados con el desarrollo de algunas afecciones cardiovasculares como la enfermedad arterial coronaria o el infarto de miocardio.
- **Colesterol.** Es una sustancia grasa que se encuentra en todas las células del cuerpo, resulta necesaria para el correcto funcionamiento del mismo. Existen dos tipos de colesterol, el conocido como colesterol bueno, que se transporta al hígado para ser destruido. Y, por otro lado, el colesterol malo, que no es recogido y se va acumulando en la pared de las arterias. Contribuyendo así en el progresivo estrechamiento de las arterias, originando así enfermedades relacionadas con la arteriosclerosis. El colesterol, por norma general va asociado a otros factores de riesgo, como pueden ser la diabetes, la obesidad, el sedentarismo o el consumo de alcohol.
- **Sedentarismo.** Unos hábitos de vida poco saludables como pueda ser la falta de ejercicio físico también pueden conducir a la aparición de estas enfermedades. De hecho, se considera uno de los mayores factores de riesgo en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Una persona sedentaria tiene más riesgo de sufrir enfermedades como la hipertensión, enfermedades respiratorias y arteriosclerosis. Además, el sedentarismo acentúa la aparición de colesterol o la obesidad. Ya que estas personas tienden a padecer sobrepeso.
- **Mala alimentación.** La mala alimentación es, junto con el sedentarismo, una de las principales causas de la aparición de enfermedades del corazón. Llevar una dieta poco variada y escasa de nutrientes beneficiosos para nuestro organismo es muy perjudicial para poder conservar una buena salud general del cuerpo. Ya que estas dietas poco saludables conducen a un aumento del colesterol en las arterias, obesidad o diabetes. Enfermedades que están estrechamente ligadas con el funcionamiento del corazón.
- **Tabaquismo.** Diversos estudios han arrojado que el consumo de tabaco aumenta hasta tres veces la probabilidad de sufrir algún tipo de enfermedad cardiovascular. Pero no solo para el corazón, según el Comité Nacional para la Prevención del Tabaquismo (CNPT) el tabaco provoca alrededor de 50.000 muertes en España al año, relacionadas con diferentes dolencias que afectan al aparato circulatorio, pulmones y faringe.

- **Hipertensión.** Es una patología que hace que se genere más resistencia a la hora de bombear la sangre, lo que deriva en un aumento de la masa muscular del corazón. Todo esto provoca un aumento y exceso de riego sanguíneo ya que puede desembocar en una insuficiencia coronaria y angina de pecho. Además, el corazón se vuelve más irritable y se pueden llegar a producir arritmias.
- **Estrés y ansiedad.** Pasar por situaciones emocionales difíciles, ser autoexigente, no despegarte de tus obligaciones, etc. Muchas son las causas que pueden provocar que una persona padezca ansiedad o estrés. Se produce cuando el individuo no es capaz de afrontar adecuadamente una situación exterior. Se ha demostrado que existe un aumento significativo del riesgo de sufrir un infarto de miocardio durante las dos horas siguientes a un episodio agudo de estrés emocional.
- **Diabetes.** Padecer diabetes duplica la probabilidad de sufrir alguna ECV. Esto es debido a que, con el paso del tiempo, un alto nivel de azúcar en sangre puede llegar a dañar los vasos sanguíneos y los nervios que controlan el corazón.

2.3. Prevención

Para prevenir las ECV siempre se pueden seguir ciertas pautas que recomiendan los profesionales médicos. En este aspecto la OMS da una serie de indicaciones sobre qué factores debemos cuidar para prevenir las enfermedades del corazón [7].

- **Dieta.** Llevar una dieta equilibrada y saludable, donde predominen los alimentos adecuados para mantener una salud óptima. Se debe tratar de eliminar de la dieta los alimentos procesados, ya que contienen muchas grasas saturadas. A su vez, se deben consumir frutas frescas y verduras, alimentos ricos en sodio. Los alimentos ricos en omega 3 están muy recomendados ya que ayudan a limpiar el colesterol de las arterias.
- **Cuidar el sobrepeso.** Padecer sobrepeso u obesidad tiene un impacto directo en el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares. El sobrepeso va ligado estrechamente a otros factores como la hipertensión, la acumulación de colesterol en las arterias o la diabetes. Mantener un peso óptimo y saludable puede reducir el riesgo de padecer estas enfermedades.
- **Realizar ejercicio físico.** Realizar ejercicio de forma moderada y regular es una de las mejores medidas que se puede adoptar para reducir los riesgos de desarrollar una patología cardíaca. El ejercicio físico fortalece los músculos del cuerpo, incluido el corazón a la vez que mejora la circulación general de la sangre. Además, ayuda a mantener un peso saludable, bajar la presión arterial y el colesterol. Como podemos comprobar, los beneficios de la práctica regular de ejercicio son muchos.
- **Buen descanso.** Tener una buena calidad de sueño tiene un impacto directo en la reducción de los riesgos de sufrir alguna enfermedad cardíaca. Si no se duerme lo

suficiente, aumenta el riesgo de hipertensión y diabetes. Por lo que adquirir unos hábitos de sueño adecuados resulta muy beneficioso para la salud general del organismo.

- **Hábitos saludables.** Ciertos excesos, como el consumo de tabaco, drogas o alcohol puede incurrir en la aparición de multitud de enfermedades, no solo del corazón. Por lo que es necesario evitar estos hábitos poco saludables y cambiarlos por un estilo de vida más sana. Está demostrado que el tabaco y el alcohol aumenta la presión arterial, lo que expone a padecer diversas enfermedades cardíacas.
- **Medir la presión arterial periódicamente.** La presión arterial debe ser revisada de forma regular, al menos una vez al año, sobretodo en la edad adulta. Si se padece de hipertensión la frecuencia de los chequeos debe ser superior. En caso de padecerla, adquirir ciertas conductas que ayuden a controlarla, como hemos visto en los puntos anteriores.
- **Revisar y controlar los niveles de glucosa y colesterol.** La diabetes y el colesterol guardan una estrecha relación con las ECV. Por lo que llevar un control periódico, sobre todo si se sufre ya alguna de estas afecciones, y llevar unos hábitos que hagan disminuir o controlar los niveles de azúcar y colesterol en sangre favorecen a reducir los riesgos de padecer una enfermedad cardíaca.

2.4. Grupos de riesgo

La identificación de los sujetos que tienen un mayor riesgo de desarrollar alguna ECV es de suma importancia, ya que puede ser reconocida con antelación y actuar de forma temprana sobre las patologías que pudieran aparecer en dichos pacientes. Como vimos en apartados anteriores, la velocidad de actuación sobre las enfermedades cardíacas es de suma importancia ya que puede significar salvar la vida del paciente.

Existen una serie de marcadores de riesgo cardiovascular, los cuales asocian una probabilidad de sufrir una ECV, debido a que poseer uno de estos marcadores de riesgo puede aumentar la aparición de estas patologías. En caso de que el paciente cuente con alguno de estos marcadores se le deberá llevar un control más focalizado.

Dentro de estos marcadores de riesgo encontramos los *antecedentes familiares*, ya que existen estudios que demuestran que puede haber un componente genético en las personas que sufren enfermedades como hipertensión, hipercolesterolemia y diabetes tipo 2, hecho que se puede relacionar con la aparición de alguna enfermedad que afecte al corazón. Ya que los antecedentes familiares no se pueden modificar, las personas con dicha predisposición a padecer ECV, deben aunar sus esfuerzos en los factores que sí pueden controlar.

Otro marcador de riesgo es la *edad*. El corazón, como el resto del organismo, experimenta modificaciones con el envejecimiento. No obstante, aunque se trata de cambios ineludibles procedentes del uso, también están condicionados por el tipo de vida que lleve el paciente o enfermedades que se hayan sufrido con anterioridad. Todos estos factores reducen los mecanismos de defensa de nuestro organismo y nos convierten en personas más propensas y vulnerables ante enfermedades. Es por ello, que las personas de edad avanzada son las principales víctimas de la mayor parte de las cardiopatías. La aparición se duplica cada década a partir de los 40 años.

El *género del individuo* también está registrado como un marcador de riesgo. Los hombres tienen un mayor riesgo de sufrir estas patologías, este hecho se ha atribuido a que las hormonas femeninas ejercen un efecto protector. Se sabe esto porque las mujeres suelen perder esta defensa una vez pasada la etapa de la menopausia, cuando desaparece la defensa que proporcionan los estrógenos. Sin embargo, se debe informar de que tres de cada diez fallecimientos que suceden en la población femenina son debidos a ECV, por lo que deben seguir las mismas pautas que los hombres a la hora de prevenir las enfermedades cardíacas. Además, en la actualidad las mujeres han adquirido hábitos poco saludables que antes se relacionaban más con la población masculina como es el consumo de tabaco y alcohol. Por lo que deben prestar atención a este tipo de consumos al igual que los hombres. Por otro lado, la población femenina tiende más a la obesidad y diabetes, sobre todo después de la etapa de la menopausia.

La *raza* como marcador de riesgo. Diversos estudios señalan que, por ejemplo, la raza negra tiene una mayor disposición a sufrir hipertensión. También apuntan que esta raza tiene un peor pronóstico en cuanto a padecer estas enfermedades. Por otro lado, se ha investigado que en los países asiáticos se tiene un menor riesgo de padecer infarto de miocardio, aunque sufren de un mayor riesgo de sufrir enfermedades como el ictus. Toda esta predisposición a padecer ciertas enfermedades se debe a la prevalencia genética. Esta herencia genética es debida, entre otros factores, a las costumbres alimenticias de cada raza.

Las personas con algún tipo de dependencia a sustancias como pudieran ser las *drogas* también se contemplan como un grupo de riesgo. Las personas que abusan de consumo de estas sustancias nocivas para el organismo pueden ver muy aumentadas las posibilidades de sufrir alguna ECV. Esto es debido a que estas sustancias generan una serie de cambios en el organismo hasta el punto de poder inducirlo al colapso. Con el consumo de drogas, aumenta o disminuye el ritmo cardíaco excediendo sus límites, lo que puede derivar en multitud de problemas cardíacos como la hipertensión, infarto agudo de miocardio o la vasoconstricción.

2.5. Tratamientos

Más allá de tomar ciertas medidas que prevengan el desarrollo de algún tipo de enfermedad cardiovascular encontramos una gran cantidad de tratamientos que se pueden llevar a cabo para paliar o mejorar la calidad de vida del enfermo. Cuando la enfermedad aparece se debe actuar contra ella con todos los medios posibles. Resulta vital la cooperación del paciente. Ya que además de la utilización de fármacos y otras asistencias médicas, debe adoptar medidas como las que se expusieron en apartados anteriores referentes a los hábitos de vida y conductas. Por lo que la predisposición del paciente es el principal tratamiento contra las ECV.

El campo de la cardiología dispone de diversos medios farmacológicos y quirúrgicos para combatir las distintas afecciones del corazón [8].

- **El desfibrilador.** Se trata de un dispositivo empleado en los instantes posteriores de haber sufrido un colapso. Sirve para reestablecer el ritmo cardíaco normal mediante la aplicación de una brusca y breve descarga eléctrica. Los hay externos, sobre la piel o internos, mediante implante.
- **Medicamentos.** El uso de distintos tipos de fármacos ayuda a controlar los efectos de las ECV. Medicamentos que realizan diversos tipos de acciones sobre el sistema cardiovascular, como pueden ser los que facilitan la eliminación del colesterol de las arterias o los que refuerzan las paredes del corazón, entre muchos otros. Normalmente este tipo de fármacos se prescriben a pacientes que ya tengan algún tipo de patología cardíaca. Aunque también los existen que, cuando el médico considera que el paciente puede ser susceptible de sufrir algún tipo de enfermedad es prescrito con el fin de controlar y disminuir este riesgo, son fármacos preventivos. Naturalmente, como cualquier tipo de fármaco, el paciente puede sufrir algún tipo de efecto adverso por la consumición de estos. Será trabajo de los servicios médicos determinar la condición del paciente para reconocer si es apto para el consumo de este tipo de medicamentos.
- **Cirugías.** En el campo de la cardiología existen varios tipos de cirugía, algunas más complicadas que otras y algunas más intrusivas que otras para el paciente. Se trata de que mediante una operación se corrija algún mal funcionamiento del corazón aplicando técnicas que reviertan la patología o la colocación de algún mecanismo como pueda ser un marcapasos, un desfibrilador interno, un balón intraaórtico, o bien algún tipo de prótesis. Se puede llegar a realizar un trasplante, que consiste en la sustitución del corazón que reviste una enfermedad terminal por el corazón sano de una persona fallecida. Es un tipo de cirugía compleja en la que existe una gran cantidad de riesgos como puede ser el rechazo, las infecciones o diversas enfermedades coronarias.

- **Rehabilitación.** Distintas técnicas que engloban un conjunto de actividades destinadas a mejorar la condición de la enfermedad sufrida. Estos métodos tienen como objetivo devolver al paciente la capacidad física o mental suficiente después de haber sufrido un episodio cardíaco, como puede ser una cirugía o algún tipo de dolencia de la que se esté recuperando. Haciendo de esta forma que el paciente pueda volver a llevar una vida normal. Algunos de estos métodos son el ejercicio físico controlado, el control de ciertos factores de riesgo, un programa psicológico en el que se trate de normalizar la situación psicológica del afectado para reducir factores como el estrés y la ansiedad. También existen programas de orientación sociolaboral para tratar que el paciente se pueda reincorporar al mercado laboral de manera exitosa. Y algo muy importante como es un programa educativo para que el paciente conozca la enfermedad que padece y la medicación que debe tomar, así como los distintos tratamientos.

Cabe hacer mención a la importancia de la investigación genética. Cuya finalidad es encontrar genes causantes de enfermedades e identificar estos defectos genéticos. De esta forma se puede actuar anticipadamente sobre ciertas enfermedades ya que si se tiene la sospecha de algún gen causante de estas afecciones se puede hacer un cribado en familiares.

En las últimas décadas estas investigaciones se centran en el estudio de las técnicas de la biología molecular y el ADN recombinante. Estos campos han hecho que se avance mucho en la comprensión de la genética humana que ha permitido identificar genes causantes de diversas enfermedades. Ahora se comprenden mucho mejor ciertas mutaciones que derivan en distintos pronósticos.

2.6. Tecnologías actuales

En este apartado se hace una pequeña introducción al mundo de los wearables, en especial a las smartbands que es el wearable que se usa para este proyecto. Se analizan las características de estas pulseras para conocer su funcionamiento más a fondo. Por otro lado, se realiza un estudio de las distintas pulseras cuantificadoras que podemos encontrar en la actualidad a la venta, realizando un análisis de las características y funcionalidades de cada una de ellas. De esta forma, se llega a la conclusión de qué pulsera se adapta mejor para abordar este proyecto.

2.6.1. Smartbands

Se tratan de pulseras inteligentes que se colocan en la muñeca y su función principal es la de monitorizar, mediante distintos sensores que incorporan, ciertas funciones básicas del cuerpo. Los sensores y la calidad con la que capturan información varían según el fabricante y el modelo de la misma. Entre estos sensores encontramos: el sensor de ritmo cardíaco, un podómetro que calcula los pasos que realiza el usuario, GPS, acelerómetro o giroscopio.

En la actualidad existe una gran cantidad de pulseras inteligentes. Gozan de una gran popularidad muchas de ellas debido a su reducido coste, por lo que las ventas de estos wearables no hacen, sino que aumentar año a año. Cada vez son más precisas y avanzadas tecnológicamente. Al tratarse de un campo relativamente nuevo en la tecnología a nivel de usuario hace posible que se vayan aumentando y mejorando sus características a gran velocidad. Siendo las primeras versiones mucho menos precisas que las que encontramos en la actualidad.

2.6.2. Características

Por fuera tienen la apariencia de simples pulseras, pero lo que encontramos dentro de una smartband no es sino un conjunto de componentes electrónicos destinados a recoger información constante de su entorno. Como hemos dicho con anterioridad, no todas las pulseras cuentan con los mismos sensores. Los sensores que se pueden encontrar dentro de una smartband son los siguientes [9]:

- **Acelerómetro.** No todos son creados de la misma forma, los hay digitales y analógicos. Se pueden usar para múltiples funciones. Mide la fuerza orientación y aceleración, además de determinar si la pulsera está en una posición vertical u horizontal. Mediante estas mediciones determina si está en movimiento o no.
- **GPS.** Suelen incorporarlo las pulseras con un coste mayor. Han empezado a incorporarse a estas debido a que estos chips son cada vez más eficientes y económicos. La tecnología GPS está compuesta por 29 satélites que orbitan alrededor del globo terráqueo, la velocidad para establecer una comunicación entre el satélite y el dispositivo dependerá del rango de distancia en el que se encuentren ambos. La inclusión de estos chips en las pulseras es debida a que ofrece la posibilidad de registrar de forma precisa la ruta que ha seguido el portador.
- **Cardiofrecuencímetro.** Un LED se enciende y la luz pasa a través de la piel, cuenta con un sensor óptico que examina la luz que rebota. Estas fluctuaciones de luz se traducen luego en la frecuencia cardiaca. Usar este tipo de sensores en la muñeca no llega a ser tan preciso como en la punta de los dedos o el pecho. Esta falta de

precisión hace que los datos sean orientativos en cuanto al ritmo cardíaco del usuario.

- **Sensor de respuesta galvánico.** Cuando se produce un aumento del ritmo cardíaco se produce cierto nivel de excitación y hace que la piel se convierta en un mejor conductor de la electricidad. Esto hace que la pulsera puede monitorizar el nivel de sudor en la piel, detectando cuando el usuario está sudando, lo que hace que se pueda realizar un mejor control sobre el ejercicio físico.
- **Termómetro.** Proporciona información recogiendo la temperatura de la piel. Un aumento de esta temperatura puede indicar si se está realizando algún tipo de ejercicio o si, por el contrario, los otros sensores no reciben datos de movimiento puede indicar que el sujeto sufre alguna dolencia.
- **Sensor de luz ambiental.** Tiene una función similar al que podemos encontrar en los smartphones. Unos se utilizan para atenuar la pantalla dependiendo de la luz que incida sobre el sensor. Y en las pulseras inteligentes se utiliza para saber en qué momento del día nos encontramos. Muy útil para mejorar la calidad de la cuantificación de las horas de sueño.
- **Sensor de bioimpedancia.** Indican valores como la respiración e hidratación al realizar mediciones del nivel de oxígeno en sangre. Una serie de electrodos lanzan una cantidad de energía eléctrica entre sí y a continuación mide los resultados obtenidos. Este tipo de sensores se encuentra en pulseras de un uso más concreto.
- **Sensor ultravioleta.** Estos tipos de sensores funcionan de la misma forma que el sensor de luz ambiental. Recoge los rayos de luz y analiza los niveles de luz ultravioleta. Está demostrado lo nocivos que es este tipo de radiación resulta para los ojos y la piel. Por lo que este sensor puede prevenir al usuario de sufrir quemaduras en la piel o problemas mayores.
- **Bluetooth.** Las pulseras inteligentes cuentan con un módulo de Bluetooth que hace que se puedan vincular a los teléfonos móviles para poder volcar los datos recogidos y mostrárselos al usuario en las aplicaciones nativas de cada compañía o bien en aplicaciones creadas por terceros.
- **Pantalla.** En la actualidad las smartbands incorporan pantallas donde el usuario puede consultar la información que ofrecen las pulseras o bien información enviada desde el teléfono. Esta característica no se encontraba en las pulseras de las primeras generaciones. Últimamente también se está dotando a estas pantallas de una respuesta táctil para que el usuario pueda interactuar más con la pulsera.



Figura 1. Samsung Galaxy Gear Fit 2 Pro teardown

Fuente: samsung.com

Como vemos, cuantos más sensores tenga la pulsera, más precisa será la información que obtengamos de ella ya que se pueden combinar los datos de los distintos sensores para detectar distintas circunstancias. Suelen llevar un software asociado que es con el que interactúa el usuario. Desde estas aplicaciones el usuario puede consultar los distintos parámetros que recoge la pulsera.

2.6.3. Estudio de mercado

Se ha realizado un estudio e investigación sobre los distintos tipos de smartbands que se encuentran actualmente en el mercado. Analizando los componentes de cada una para saber cuál podría encajar en un proyecto como este. Vamos a ver un pequeño análisis de cada una de ellas para ver que nos ofrecen estos dispositivos y para finalizar veremos una tabla comparativa entre todas. La información mostrada de cada pulsera ha sido extraída de las propias páginas de los fabricantes de las mismas.

Fitbit Charge 3

Es la pulsera más avanzada de la marca Fitbit. En el apartado de la monitorización de la cuantificación física es bastante completa. Cuenta con un cardiófrecuenciómetro para monitorizar el ritmo cardíaco y un registro de las calorías quemadas. Además, mediante su algoritmo es capaz de detectar en qué fase se encuentra el ritmo cardíaco para aprovechar estos picos para la quema de grasas. También incluye una funcionalidad para la salud de las mujeres, ya que es capaz de monitorizar los periodos y hacer una predicción de la ovulación. Como la mayoría de pulseras cuantificadoras también monitoriza las horas y la

calidad del sueño. Dispone de múltiples modos para adaptarse a diferentes actividades físicas y la práctica de diversos deportes.



Figura 2. Pulsera Fitbit Charge 3

Fuente: fitbit.com

Una funcionalidad muy interesante es la de que realiza sesiones de respiración guiadas, las cuales se adaptan al ritmo cardíaco del usuario. También cuenta con la certificación IP68, que permite sumergir la pulsera hasta 50 metros de profundidad. Un sensor diferenciador de muchas pulseras es el sensor SPO2, un sensor de bioimpedancia para monitorizar el nivel de oxígeno en sangre. Por el contrario, no cuenta con GPS integrado ni sensor de respuesta galvánico de la piel. Se encuentra a un precio de 149.95 euros en su página oficial.

Samsung Galaxy Gear Fit 2 Pro

En esta pulsera inteligente de Samsung destacan los materiales empleados. Cuenta con una gran pantalla de 1.5 pulgadas con tecnología Super AMOLED. En lo referente a sensores no añaden ninguno nuevo respecto al anterior modelo. Cuenta con un medidor de ritmo cardíaco y acelerómetro para monitorizar la actividad física del usuario. Añade un modo llamado MyFitnessPal el cual ayuda al usuario a comer de forma más saludable registrando. Como la mayoría de las pulseras inteligentes, cuantifica las horas de sueño y añade la funcionalidad de que la propia pulsera detecta el tipo de actividad se está realizando. La calidad de la pantalla hace que destaque su apartado multimedia ya que permite utilizar gran cantidad de aplicaciones directamente desde la pulsera.



Figura 3. Pulsera Samsung Galaxy Gear Fit 2 Pro

Fuente: samsung.com

Una buena característica que incorpora es un GPS integrado en la propia pulsera, lo que hace que cuente con un gran factor diferenciador con otras pulseras de la competencia. Tiene un precio de 179 euros en la página oficial de Samsung.

Xiaomi Mi Band 3

Estamos ante una de las superventas del año 2018 en cuanto a smartbands se refiere. La tercera generación de las pulseras de Xiaomi cuenta con una gran popularidad entre la comunidad debido a su relación calidad/precio. La mayor novedad en cuanto a su modelo anterior la encontramos en la pantalla, que ahora es táctil, que permite navegar de forma gestual entre los diferentes parámetros que muestra la pulsera. Dispone de certificación IP68 que hace que se pueda sumergir hasta 50 metros de profundidad. Cuenta con los sensores básicos de una pulsera cuantificadora, como son el acelerómetro y el cardiorfrecuenciómetro para cuantificar los pasos y movimientos que haga el usuario. Se ha añadido una funcionalidad que alerta por la inactividad. Según la página oficial de Xiaomi en esta tercera generación se han mejorado los algoritmos de cuantificación para ofrecer unos datos más precisos.



Figura 4. Pulsera Xiaomi Mi Band 3

Fuente: mi.com

Por otro lado, hereda un gran número de funcionalidades de su pódolo predecesor. Funcionalidades como la monitorización del sueño, el desbloqueo del Smartphone por proximidad con la pulsera, visualización de llamadas y mensajes, etc. Como hemos visto anteriormente, el éxito de esta pulsera reside en las prestaciones que ofrece respecto a su precio, ofrece una experiencia muy similar a pulseras que le cuadriplican el precio. Podemos comprar la pulsera por 29.99 euros en su página oficial.

Huawei Band 3 PRO

La pulsera de Huawei comparte muchas características con la antes vista de Samsung. Porta una pantalla Touch AMOLED, aunque la pantalla es bastante más pequeña que la de su homóloga coreana. También integra un chip GPS con el que poder conocer con gran precisión la ruta que hemos seguido.



Figura 5. Pulsera Huawei Band 3 PRO

Fuente: huawei.com/es/

Contamos con los sensores más comunes de este tipo de dispositivos, sensor de ritmo cardíaco, acelerómetro de 6 ejes y resistencia de presión de hasta 5 atmosferas. Un aspecto en el que sí han mejorado es en la inteligencia artificial (IA) para monitorizar las horas de sueño, se ha trabajado de forma conjunta con la Harvard Medical School's CDB. El sistema provee de hasta 200 soluciones potenciales para ayudar a conciliar mejor el sueño. La IA de la pulsera también ha mejorado en el aspecto de que ahora sabe reconocer mejor el tipo de ejercicio se está realizando, por lo que ofrece un mejor feedback al usuario en este sentido. Por todo esto podemos considerar que la pulsera ha realizado un gran avance tanto en hardware como en software respecto al modelo anterior de la misma compañía. Podemos encontrar esta pulsera a un precio de 71.99 euros.

Garmin Vivosmart 4

Se trata de una pulsera inteligente bastante estilizada a nivel de acabados. Incluye una pequeña pantalla donde consultar distintos parámetros. Un gran factor diferencial es que incluye un sensor de bioimpedancia para medir los niveles de saturación de oxígeno en sangre. Monitoriza el nivel de estrés y cuenta con un temporizador de respiración para inducir a la relajación. Por otra parte, dispone de diversos tiempos de actividad como caminatas, carrera, yoga, natación y otras actividades. En este aspecto no es tan completa ni ofrece tanta información como otras pulseras de la competencia debido a que cuenta con una pantalla más pequeña que el resto de pulseras que se han analizado. El resto de sensores son similares a los que tiene la competencia: ritmo cardíaco, monitorización del sueño y la actividad física. La pulsera Garmin Vivosmart 4 tiene un precio de 139.99 euros.



Figura 6. Pulsera Garmin Vivosmart 4

Fuente: buy.garmin.com

Moov Now

Estamos ante una pulsera que se centra en el uso meramente deportivo. No dispone de pantalla por lo que no se puede consultar ningún tipo de información desde ella. Todo se tiene que comprobar desde el propio dispositivo móvil. En el apartado visual vemos que se trata de un diseño simple al carecer de pantalla.



Figura 7. Pulsera Moov Now

Fuente: moov.cc

En cuanto al uso de los sensores, cabe destacar que es una de las mejores que hemos encontrado. Es muy completa en este sentido, recoge parámetros como la cadencia, el impacto, el rango de movimiento y la elevación. La lista de deportes que es capaz de monitorizar es más extensa que las de las otras marcas. En este apartado se nota que está enfocada a un uso más serio en cuanto a la práctica de deportes se refiere. Al no utilizar pantalla no requiere de una batería como las demás pulseras, hace uso de una pila de botón como cualquier reloj. Esta pulsera la encontramos desde 59.95 dólares en la web oficial de Moov.

Empatica Embrace 2

Esta pulsera es la más específica de la lista ya que está dirigida a personas que padecen epilepsia. En esta pulsera han trabajado distintos grupos de profesionales médicos especializados en la epilepsia. La función de esta pulsera es detectar los ataques que esté sufriendo el usuario y notificarlos en tiempo real. Cuenta también con distintos sensores como termómetro, sensor de respuesta galvánico, giroscopio y acelerómetro. Todos estos sensores que no se suelen ver en el resto de pulseras hace que ya nos demos cuenta de a que publico va destinado. Su construcción es robusta para resistir golpes e inmersiones en el agua. Esto es así debido a que un ataque epiléptico conlleva convulsiones bastante severas y la pulsera podría sufrir diversos golpes.



Figura 8. Empatica Embrace 2

Fuente: empatica.com

Es una pulsera bastante cara respecto a las citadas anteriormente. Pero también es cierto que es un proyecto destinado a una labor más sensible como es el control de enfermedades, en este caso la epilepsia. De hecho, además de comprar la pulsera deberemos suscribirnos a varios planes mensuales en los que se amplía a diversos servicios como cuidadores o reportes más exhaustivos de los ataques sufridos. La pulsera se encuentra a un precio de 249 dólares.

A continuación, se muestra una tabla en la que se comparan los distintos componentes de cada una de las pulseras analizadas en este apartado. De forma muy visual comprobamos las características propias de cada una de ellas. Finalmente, para este proyecto se ha decidido utilizar la pulsera Xiaomi Mi Band 3. Se ha estimado así debido a que cuenta con los sensores básicos que se necesitan para un proyecto como este y el precio es bastante contenido. No obstante, la información sobre esta pulsera se ampliará en el apartado correspondiente.

	Pantalla	Acelerometro	GPS	Termometro	Cardiofrecuencímetro	Respuesta galvanico	Bioimpedancia
Fitbit Charge 3							
Samsung Galaxy Gear Fit 2 PRO							
Xiaomi Mi Band 3							
Huawei Band 3 PRO							
Garmin Vivosmart 4							
Moov Now							
Empatica embrace 2							

Tabla 1. Comparación entre las vulseras analizadas

Fuente: elaboración propia, datos rescatados de las páginas web de las propias marcas

2.7. Proyectos semejantes

Las posibilidades que resultan de combinar la medicina con la tecnología se vuelven casi infinitas. Muchas empresas se están sumando en la última década al desarrollo de distintos proyectos destinados a tratar o servir de apoyo a multitud de tipos de dolencias o a facilitar tanto la gestión como el acceso a la información a los profesionales médicos. No se trata solo de proyectos privados ya que, en la actualidad, la sanidad pública tiene un programa destinado a la consolidación del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) dentro del Sistema Nacional de Salud (SNS), fortaleciendo así el sector de la sanidad pública.

Como vemos, no solo se trata de proyectos del ámbito privado los que apuestan por la integración de la tecnología en la salud.

2.7.1. Finalidad

Para llevar a cabo proyectos concernientes a lo conocido como eSalud el sistema debe cumplir una serie de condiciones. Debe reconocer las necesidades de atención primaria de la salud para los pacientes, ya que en muchos casos puede tratarse de aplicaciones cuyo control pueda hacer que se salve la vida del propio paciente. Se deben garantizar principios de privacidad y confidencialidad, ya que este tipo de proyectos maneja información de carácter muy sensible. A su vez, se trata de satisfacer una serie de necesidades ya sea del paciente individual, del médico o también puede trabajar con estadísticas globales que se destinen a un uso de monitorizar la atención sanitaria a nivel global, para facilitar su cotejamiento, administración y manejo. Otro de los objetivos puede ser mejorar la efectividad y eficiencia de los servicios médicos, ya sea de forma privada o de la sanidad pública. Se trata, en definitiva, de permitir una evaluación de calidad y una mejora de la misma por parte de los expertos y que se pueda llevar a cabo un análisis de los datos obtenidos.

Las finalidades y objetivos de dichos proyectos pueden ser muy variados y concernientes a diversos ámbitos. Desde proyectos individuales producidos por una persona, pasando por empresas del sector privado o del sector público. Puede tratarse también, como es el caso, de proyectos del sector de la educación cuya finalidad es la divulgación y el estudio.

2.7.2. Estudio de la competencia

A continuación, se hace un estudio de proyectos cuya finalidad es similar a la que se expone en este documento. La información que se muestra ahora se ha extraído de la aplicación oficial de cada una de ellas.

- ASCVD Risk Estimator Plus

Ha sido diseñada por investigadores del Colegio Americano de Cardiología. La aplicación destaca por su nivel de asesoramiento, el usuario recibe un enfoque de intervención individualizado y basado en el riesgo. Guía la discusión clínico-paciente sobre la personalización de un plan de intervención. La aplicación hace uso de una serie de métricas

del usuario (peso corporal, edad, presión arterial, etc) para determina el nivel de riesgo general para la enfermedad. Como curiosidad, la aplicación proporciona resultados en dos categorías de riesgo diferenciadas. Por un lado, riesgo de enfermedad de por vida y por otro, riesgo a diez años vista. Cuando se le presentan al usuario los resultados relativos, este debe acudir a un especialista médico para obtener más información.

Este proyecto tiene un enfoque muy interesante que permite, sin la necesidad de acudir a un médico, poder conocer si estamos en riesgo de padecer algún tipo de enfermedad cardiovascular, tanto en la actualidad como de padecerla en el futuro. La nota negativa es que se trata de una aplicación que únicamente cuenta con el inglés como idioma.

Figura 9. Aplicación ASCVD Risk Estimator Plus

Fuente: play.google.com

- AliveCor ECG Heart Monitor

Estamos ante la aplicación más cara de la lista, su precio ronda los 200\$. Es una herramienta cuyo uso resulta muy beneficioso para los usuarios que cuentan con antecedente con afecciones canrdiovasculares. La aplicación monitorea patrones eléctricos en el corazón y alerta de algún problema que pudiese provocar un riesgo potencial para el usuario. La gran utilidad es que el paciente no debe esperar a que se le realicen pruebas ya que, ante la aparición de alguna anomalía, el paciente puede avisar al médico del problema surgido. Este hecho, puede evitar o alertar de la aparición de un evento grave, como pudiera ser un ataque cardíaco. El uso de este producto está sujeto a la utilización de algún producto de la marca Kardia, por lo el precio puede ser un obstáculo.

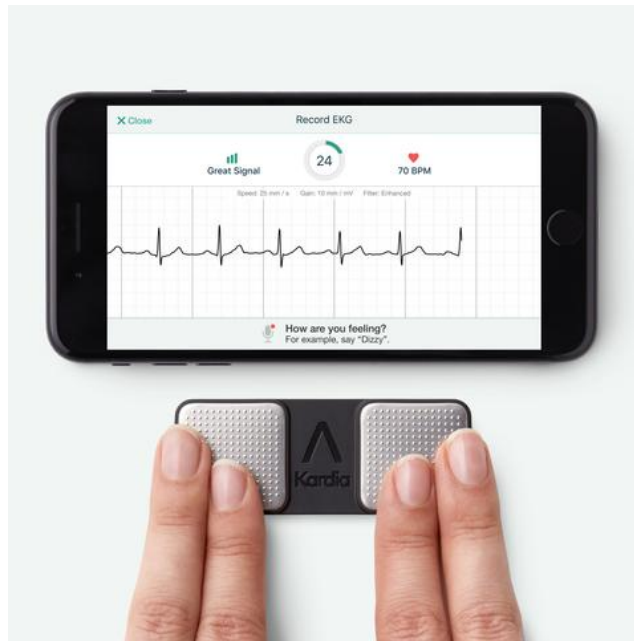


Figura 10. Aplicación AliveCor con el sensor Kardia

Fuente: alivecor.com

- CardioVisual

Ofrece múltiples servicios de carácter multimedia. Videos, cuadros, infografías e imágenes interactivas. Explica de forma amena información de la salud del corazón, la aplicación tiene un carácter meramente divulgativo y va orientado a las personas profesionales del sector como a cualquier persona que quiera aprender sobre la salud del corazón. Se puede acceder a una versión básica y gratuita que contiene información precisa y sencilla, videos recomendados y compartir imágenes. La versión PRO de la aplicación requiere un pago mensual de 0.99\$ y extiende las características y funcionalidades de la aplicación. Como puede ser descargar videos para su reproducción offline, listas de reproducción personalizada o contenido actualizado regularmente.

Se ha incluido esta aplicación debido a que, aunque no hace uso de ningún dispositivo para monitorizar la salud del corazón, si puede resultar muy interesante y útil para la gente que padece alguna afección cardiovascular para conocer de forma sencilla y concisa información y recomendaciones sobre su enfermedad.

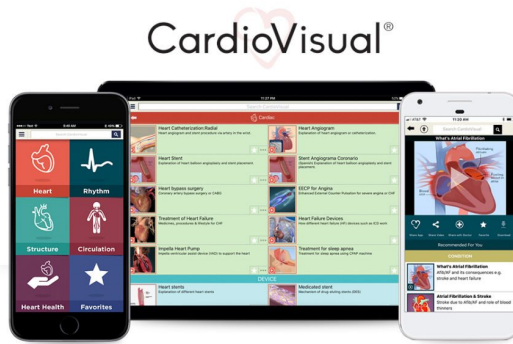


Figura 11. Aplicación CardioVisual

Fuente: cardiovisual.com

- MiFit

Nos encontramos ante la aplicación nativa de la pulsera con la que estamos realizando el proyecto (Xiaomi Mi Band 3), aunque no se trata de una aplicación pensada para el uso médico, sí se observa una aplicación bastante completa. Si bien se emplea meramente en el plano de contabilizar, recoger y analizar la actividad física del usuario, vemos que dispone de algunas funcionalidades que la hacen muy interesante.

Además de la pulsera, se puede vincular una báscula inteligente que en combinación con la pulsera puede llevar un registro más exhaustivo de la condición física del usuario. Como vimos en apartados anteriores, el sobrepeso es un factor de riesgo a la hora de padecer distintos tipos de enfermedades cardiovasculares. Por este motivo vemos que tiene un factor diferenciador con otro tipo de aplicaciones. Pero como hemos visto, no se trata de una aplicación pensada en el control de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

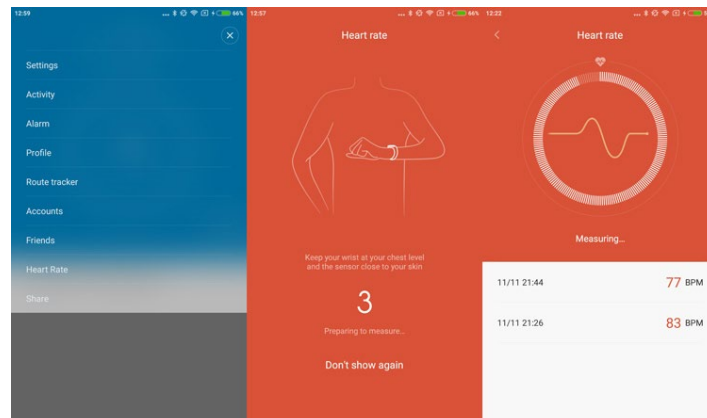


Figura 12. Aplicación Mi Fit

Fuente: xataka.com

- Runtastic Heart Rate

Aplicación para conocer tu ritmo cardíaco en cualquier momento, hace uso de la cámara del teléfono. Mediante el uso de gráficas podemos ver las distintas mediciones que hemos realizado de nuestro ritmo cardíaco. Cuenta con distintos tipos de mediciones como puede ser frecuencia cardíaca máxima y frecuencia cardíaca en reposo. La propia aplicación permite subir y compartir los resultados obtenidos.

Las mediciones se realizan colocando el dedo sobre la lente de la cámara y con ayuda del flash incorporado ilumina el dedo y capta el pulso del usuario. Como puntos negativos de este tipo de aplicaciones encontramos que hacer uso de la cámara y el flash para realizar mediciones no es muy preciso, también que el usuario debe realizar la medición conscientemente y cada vez que necesitase hacerlo debería abrir la aplicación y realizar la medición de forma individual. La propia página de Runtastic informa de que no se trata de un producto médico, por lo que un objetivo como el que se está abordado en este proyecto quedaría fuera de rango.

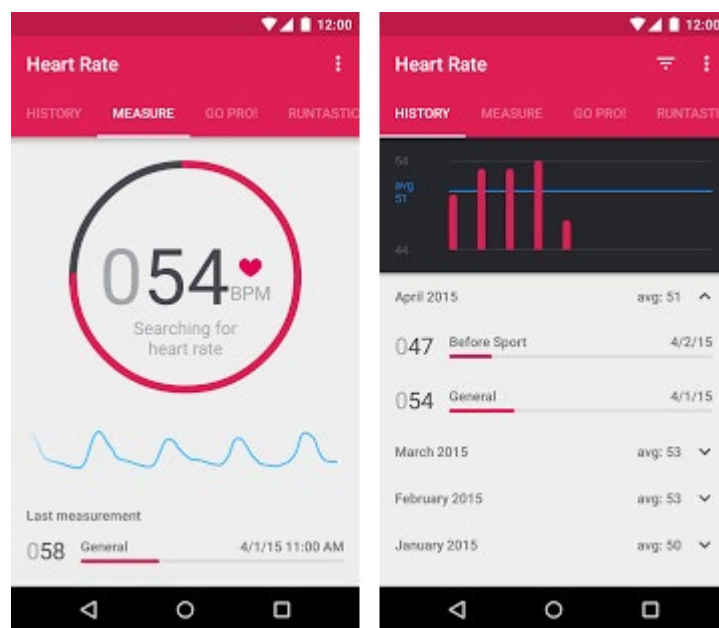


Figura 13. Aplicación Runtastic

Fuente: andro4all.com

- Cardiio

Al igual que la aplicación anterior, Cardiio usa el flash y la cámara del teléfono móvil para medir el ritmo cardíaco del usuario. Utiliza una tecnología que cuenta con la licencia del MIT, la cual también fue desarrollada originalmente en el MIT Media Lab, aunque esta institución no ha respaldado la aplicación Cardiio ya que no debe usarse para uso médico y se recomienda desde la página de la aplicación acudir a un profesional médico ya que es el único que puede diagnosticar y tratar las distintas afecciones. El uso de este tipo de

aplicaciones solo es una aproximación clínica y nunca debe emplearse como algo definitivo. Por ello esta aplicación se suele usar para otros ámbitos como puede ser la actividad física.



Figura 14. Aplicación Cardio

Fuente: andro4all.com

2.7.3. Aportaciones

Como hemos comprobado en el apartado anterior, actualmente en el mercado existen muchas aplicaciones de diferente índole en lo concerniente a las afecciones cardiovasculares. Con este proyecto se pretende realizar una aplicación que se centre exclusivamente en la monitorización de la enfermedad que sufra el paciente. Ya que en el mercado vemos muchas aplicaciones que se podrían usar para monitorizar, pero no están concebidas ni desarrolladas con ese propósito específico. Por lo tanto, este proyecto se centra en esa labor. Ya que se trata de un proyecto de muy bajo presupuesto se trata de maximizar recursos, intentando crear un sistema entre teléfonos que no requieran de mucha potencia, así como pulseras económicas como la Xiaomi Mi Band 3.

También se pretende abarcar tanto el lado del paciente como el del profesional médico, que como hemos visto las aplicaciones se suelen centrar en la parte del usuario dejando de lado la participación de los profesionales del sector que son los que realmente conocen cuando se debe actuar y como. En definitiva, se trata de aunar sendas vertientes para garantizar un mejor control de los pacientes.

2.8. Futuro y eSalud

La OMS define eSalud como el uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para la salud como, por ejemplo, el tratamiento de pacientes, educación de estudiantes del ámbito de la salud, perseguir la investigación, monitorizar enfermedades y servir a la salud pública.

La eSalud [10] cubre un amplio espectro de distintas aplicaciones. Por un lado, encontramos servicios tecnológicos básicos, como consultas telefónicas mediante un cuidador profesional, alarmas de botones de pánico, grabaciones de mediciones de ritmo cardíaco, dispensadores de medicación electrónicos, entre otras muchas opciones. Por otro lado, encontramos dispositivos tecnológicos más avanzados como medidores de presión sanguínea y monitorizadores de glucosa o como medidores de oxígeno en sangre y/o ritmo cardíaco.

Los potenciales beneficios de la eSalud son muchos, y así lo reportan distintos estudios como el de la EHN (European Heart Network), en su estudio aseguran que la eSalud puede reducir un 20% los ingresos urgentes en los hospitales y otro 14% los días de cama en los mismos. El estudio concluyó que se había reducido un 45% la mortalidad entre los pacientes sujetos a estudio que presentaba una de estas tres condiciones: diabetes, fallo cardiovascular o enfermedad crónica pulmonar obstructiva. En este estudio de la EHN se involucraron 6191 pacientes.

El futuro de la eSalud no puede ser más prometedor, las tecnologías están en auge y cada vez son más los proyectos tanto de hardware como de software encaminados a tratar distintos ámbitos de la sanidad. Desde la EHN creen que las soluciones que ofrece eSalud agregan valor a los pacientes a la vez que no incrementan en gran medida los gastos de la sanidad. Es evidente que se necesita realizar más trabajos para ganar garantías en el uso de las herramientas de eSalud de forma más eficaz y eficiente. Se deberá trabajar en los próximos años en la forma de realizar un control robusto sobre estos proyectos y garantizar un alto nivel de seguridad de los datos. También se debe abordar el aportar cierta formación a los profesionales de la salud, así como tratar el analfabetismo informático presente entre la población mayor. La EHN enfatiza que el hecho de que, aunque no todos los estudios que se realicen sobre la eSalud concluyan una mejora sobre la atención habitual, debe potenciarse la utilización de la eSalud, ya que nunca va a ser un obstáculo y siempre va a servir de apoyo.

Todo hace indicar que cada vez se realizan más esfuerzos en innovaciones en los sistemas de la salud ya que hasta hace unos pocos años no respondían al entorno moderno en el que

vivimos. En la actualidad encontramos entre la sociedad una mayor confianza en los servicios y en la tecnología, aunque como se ha indicado antes, aún queda mucho camino que recorrer para conseguir sistemas plenamente confiables y robustos. Pero ya se están dando los primeros pasos al depositar mayores inversiones en el estudio de estas tecnologías emergentes.

3. Objetivos

En este apartado se exponen los objetivos que debe alcanzar este proyecto. El trabajo consiste en una continuación de los trabajos realizados por Gala García y Sergio Castro. El proyecto de Gala sentó las bases de lo que ya es una serie de proyectos y el de Sergio fue una continuación y extensión del mismo. En este caso se quiere realizar sobre un enfoque diferente, eso sí, manteniendo la línea de trabajo y estudios que se realizaron con anterioridad.

Este cambio de enfoque viene suscitado por ofrecer una ayuda al control y monitorización de ciertas afecciones, muchas de las cuales ocupan los puestos de cabeza en cuanto a mortalidad en el mundo como son las enfermedades cardiovasculares. Por lo que este proyecto tiene como objetivo brindar apoyo a los cardiólogos en su labor de poder llevar un seguimiento del estado de sus pacientes como conseguir controlar cuando puede ocurrir algún accidente cardiovascular al paciente.

El desarrollo se divide en dos partes: una aplicación web y otra móvil. La aplicación web está destinada al cardiólogo, desde la cual puede monitorizar al paciente. Por otro lado, la aplicación móvil está destinada al paciente la cual recibe los datos de la pulsera y los almacenará para poder visualizarlos. Como nexo de unión se encuentra un servidor que comunica la aplicación móvil con la aplicación web.

3.1. Objetivos específicos

Con el proyecto que se ha planteado en esta memoria se pretende conseguir alcanzar una serie de objetivos marcados que permitan llevar a buen puerto el desarrollo de la aplicación.

- Realizar una investigación profunda sobre las enfermedades cardiovasculares, ya que para desarrollar un proyecto que tiene como objetivo monitorizar a los pacientes que están afectados por alguna dolencia cardíaca se debe conocer tanto las patologías como las causas y tratamientos de las mismas.
- Investigar distintos tipos de hardware, en este caso pulseras inteligentes, que puedan servirnos para la monitorización de los pacientes. Conocer las ventajas y desventajas de unas u otras y lo que cada una de ellas nos puede ofrecer.
- Efectuar una investigación sobre proyectos semejantes que ya estén en el mercado para conocer las carencias de los mismos y así poder ofrecer un nuevo producto diferenciado y mejorado.
- Llevar a cabo un análisis y especificación de los requerimientos del proyecto, así como las tecnologías más convenientes para su desarrollo.

- Implementación de la aplicación siguiendo los requisitos marcados en la especificación preliminar.
- Acometer distintos tipos de pruebas y validaciones para comprobar el correcto funcionamiento del producto.
- Entrega del producto final acabado.

3.2. Relación con las asignaturas

Durante todo el grado de Ingeniería Multimedia se han impartido asignaturas sin las cuales no podría abordar un proyecto de este tipo. Asignaturas de distintas áreas las cuales en conjunción pueden dar como resultado el desarrollo completo de un proyecto como el que se está tratando en este caso. Un ejemplo claro es la metodología de estudio que se emplea durante el cuarto curso de la carrera. Se trata de una metodología que basa el aprendizaje en la realización de un proyecto (ABP), en la que se engloban todas las asignaturas del año en la elaboración de un proyecto entre varios compañeros. Esta metodología es muy positiva ya que te plantea un nuevo concepto que no se ha experimentado durante la carrera al estar más enfocado al trabajo real que se encuentra una vez concluida la etapa de la universidad.

No obstante, muchas asignaturas han servido como base para distintos apartados de este proyecto:

- **Análisis y planificación.** Asignaturas como Análisis y especificación de Sistemas Multimedia (AESM) o Proyectos Multimedia (PM) han sido de gran ayuda para acometer las fases tempranas de un proyecto, la cual es una de las más críticas puesto que es sobre lo que se va a sustentar el desarrollo posterior.
- **Desarrollo de la parte del servidor o backend.** Para esta área se han impartido gran cantidad de asignaturas tanto para gestionar los datos con asignaturas como Diseño de Bases de Datos Multimedia (DBDM), en la que aprendimos a cómo gestionar la información de las bases de datos. Otras en las que sirvieron para conocer cómo se llevan a cabo las comunicaciones entre un cliente y un servidor como Servicios Multimedia Basados en Internet (SMBI) o Sistemas Distribuidos (SD). Por otra parte, con Dispositivos e Infraestructuras de Sistemas Multimedia (DISM), se abordó el conocimiento sobre cómo se comunican los distintos tipos de dispositivos.
- **Implementación de la parte del cliente o frontend.** Al igual que en el punto anterior, durante la carrera se han impartido diversas asignaturas enfocadas a la parte del cliente web. Las dos asignaturas de Programación Hipermedia (PH) ofrecen un gran sustento de conocimientos que, al tratarse de asignaturas completamente prácticas, hacen que los conocimientos sobre frontend se asienten mucho mejor. Se debe hacer mención aquí a asignaturas como Usabilidad y Accesibilidad (UA), Gestión de Contenidos Multimedia (GCM) y Estructuración de

Contenidos (EC), que si bien no se encargan del frontend propiamente dicho si ofrecen una visión sobre cómo se deben gestionar y administrar los contenidos, haciendo los desarrollos. Con la asignatura que más libertad se dio y que fue, por así decirlo, la conjunción de todas las asignaturas basadas en la parte del cliente fue Sistemas Multimedia Avanzados (SMA). En esta asignatura se llevó acabo un desarrollo del frontend completamente funcional, lo que nos permitió conocer en profundidad la diversidad de tecnologías que se emplean en la actualidad en este ámbito.

4. Metodología

La metodología de desarrollo se define como un marco de trabajo que se utiliza para estructurar, planificar y controlar todos los procesos que se llevan a cabo en la etapa de desarrollo de un proyecto, en este caso un proyecto web. En este marco, se van detallando cada una de las etapas del ciclo de vida del desarrollo de un proyecto, desde su etapa más temprana, hasta la entrega del producto final.

Tienen como objetivo presentar un conjunto de técnicas de modelado tanto de corte tradicional como más actuales. Entre este conjunto de técnicas encontramos herramientas de análisis y diseño, diagramas, especificación y distintos criterios de aplicación de las mismas.

Se ha escogido este tipo de desarrollo ya que es uno de los más utilizados a en el ámbito académico y de la empresa. Como se ha descrito antes, el desarrollo se compone en una serie de etapas que se exponen en los siguientes apartados.

4.1. Herramientas software

Para llevar a cabo el proyecto se ha hecho uso de distintos tipos de herramientas que componen cada una de las etapas de desarrollo del mismo. Desde la etapa más temprana que engloba toda la planificación, pasando por el software utilizado para la memoria, hasta las herramientas tecnológicas usadas para implementar las aplicaciones.

Las herramientas software que se han utilizado podemos diferenciarlas en los cuatro siguientes apartados.

4.1.1. Documentación.

Para la documentación se han utilizado un editor de textos para realizar la propia memoria, como un sistema de guardado en la nube donde poder almacenar tanto la información de la memoria como distintos archivos como mockups, diagramas, etc.

- **Dropbox.** Se trata de un servicio de almacenamiento en la nube, mediante el cual podemos guardar diversa información. Se ha utilizado para almacenar y compartir información entre el tutor del proyecto y el alumno que lo desarrolla.
- **Microsoft Word 2016.** Procesador de texto de la empresa americana Microsoft que viene integrado en el paquete ofimático de Microsoft Office. Con este software se ha realizado la presente memoria del proyecto, utilizando la guía de estilos facilitada por la Universidad de Alicante para la elaboración de trabajos de fin de grado.



Figura 15. Logos de Dropbox y Microsoft Word

Fuente: dropbox.com y microsoft.com

4.1.2. Planificación y gestión del proyecto.

La forma más sencilla de reducir los costes tanto temporales como económicos en el desarrollo de un proyecto es realizar una planificación y gestión lo más eficaz posible del mismo. Para llevar a cabo esta planificación y gestión del tiempo se han utilizado dos herramientas con las que se tenía experiencia previa en asignaturas de la carrera. Estas herramientas permiten gestionar y manejar las etapas en bloques de tiempo.

- **Trello.** Esta herramienta nos permite crear tableros KANBAN en los que generamos una serie de acciones que se deben realizar durante la implementación y las ordenamos en diferentes bloques. En este caso se han creado tres tipos de listas en el tablero: la lista “TO DO” que se refiere a las tareas que aún están por hacer, la lista “DOING” que son las cosas que se están haciendo en ese instante y por último la lista “DONE” en la que encontramos las tareas que ya han sido completadas.
- **Excel 2016.** Se trata de una hoja de cálculo ideada por Microsoft. Esta herramienta cuenta con herramientas gráficas y de cálculo que nos permite mediante el uso de tablas y gráficos poder gestionar los tiempos de un proyecto. El programa cuenta con una profundidad bastante elevada. Para este proyecto se ha usado para establecer los cálculos del diagrama de Gantt.



Figura 16. Logos de Trello y Microsoft Excel

Fuente: trello.com y microsoft.com

4.1.3. Diseño.

La segunda etapa se trata de la etapa de diseño en la que se empieza a dar forma a lo que será el apartado visual y la estructuración de la aplicación. Por un lado, se muestra dos herramientas destinadas a la creación de prototipos o mockups de la aplicación web y de la aplicación móvil. Y, por otro lado, se presenta una herramienta enfocada en la creación de diagramas.

- **Draw.io.** Herramienta web que se utiliza a través de un navegador para crear todo tipo de diagramas. Al tratarse de una herramienta web no es necesario descargarla en la propia máquina. Destaca por un apartado intuitivo a la hora de crear los diagramas, dando una buena variedad de figuras y opciones. También destaca por su gran apartado de modificación.
- **Photoshop.** Editor de gráficos desarrollado por Adobe. Es líder mundial en el mercado de las aplicaciones de edición de imágenes. Aporta una profundidad de trabajo que difícilmente podemos encontrar en la competencia. En este proyecto ha sido empleado para la creación de logos y retoques de algunas imágenes.
- **Justinmind Prototyper.** Una herramienta “todo en uno” a la hora de crear prototipos para páginas y aplicaciones web. Dota a los prototipos de una muy buena funcionalidad y navegación, por lo que es posible crear prototipos de alto nivel bastante ajustados y fidedignos a lo que será la aplicación final. Se ha utilizado en este proyecto para crear los prototipos funcionales tanto de la página web como de la aplicación móvil.



Figura 17. Logos de Draw.io, Photoshop y Justinmind

Fuente: info.seibert-media.net, adobe.com y justinmind.com

4.1.4. Desarrollo.

En este último bloque se habla sobre las herramientas utilizadas en el propio desarrollo para acometer la implementación de la aplicación móvil y la aplicación web. En este apartado no se tratarán las tecnologías utilizadas para la creación, eso lo abordaremos más adelante, sino que se exponen los programas informáticos y herramientas que se han utilizado para integrar e implementar los diferentes lenguajes de programación.

- **GitHub.** Herramienta para alojar proyectos en línea que utiliza un control de versiones. Es muy útil tanto cuando se trabaja solo como cuando se trabaja en

equipo ya que ayuda a no sobrescribir el trabajo que otros compañeros han realizado. Al incorporar un control de versiones y ramificación de los proyectos, se puede gestionar todo el proceso de desarrollo. Esta herramienta se ha utilizado para almacenar versiones del proyecto y que el tutor las pudiera ir revisando.

- **MySQL Workbench.** Este software visual diseñado por Oracle permite diseñar y administrar bases de datos MySQL. En este trabajo se ha utilizado para crear la base de datos de la aplicación, así como para realizar ciertas pruebas sobre ella.
- **Postman.** Esta herramienta en sus inicios surgió como una extensión del navegador Google Chrome. Pero hoy en día ya cuenta con aplicaciones nativas. Compuesto por diferentes herramientas y utilidades que nos permiten realizar distintas pruebas y comprobaciones de la API REST. Es para este propósito por el cual se ha hecho uso de Postman, para realizar pruebas en la API creada.
- **Visual Studio Code.** Editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Este editor es muy completo incorporando soporte para depuración, integración de Git, resaltado de sintaxis, refactorización de código entre muchas otras cosas. Incluye una gran cantidad de plugins que hacen del él un entorno muy personal para el programador. En este proyecto se ha empleado para la implementación del código tanto del backend como del frontend.



Figura 18. Logos de GitHub, MySQL Workbench, Postman y Visual Studio Code

Fuente: github.com, mysql.com, postman.com, [Microsoft.com](https://microsoft.com)

4.2. Herramientas hardware

Pasamos a describir en este apartado el hardware que se ha utilizado para desarrollar este proyecto. Para el desarrollo de las dos aplicaciones se obvia el uso de un ordenador, en el que se utilizaron las herramientas software que se describieron en el apartado anterior.

4.2.1. Xiaomi Mi Band 3.

Como se mencionó, la pulsera inteligente utilizada ha sido la de la marca china Xiaomi, la Mi Band 3. Para este proyecto resultó la más interesante debido a que nos proporciona los sensores necesarios y mantiene un precio bastante accesible para el público general.

Lamentablemente el propio fabricante no proporciona ningún tipo de SDK o API abierta con la que poder trabajar sobre la pulsera, por lo que se ha tenido que realizar un proceso de ingeniería inversa para poder extraer los datos de la misma. Para ello, se utiliza el protocolo Bluetooth Low Energy (BLE).

Al haber realizado el proyecto con la Xiaomi Mi Band 3, no se garantiza el poder usar otro tipo de pulsera. Por lo que se insta a usar este modelo para poder probarlo.

Por otra parte, se decidió utilizar la Mi Band 3 debido a que el proyecto anterior de Sergio hacia uso de la pulsera de la generación anterior la Mi Band 2. Por lo que se podría seguir de una forma más natural el trabajo anterior, ya que al comenzar el proyecto se comentó la idea de seguir los pasos de Sergio y Gala. Finalmente se decidió apoyarse en partes de los trabajos anteriores, como es el caso de la elección de la pulsera, pero darle un enfoque distinto y orientarlo hacia otro tipo de afecciones.



Figura 19. Pulsera Xiaomi Mi Band 3

Fuente: mi.com

4.2.2. Redmi Note 7.

El desarrollo y pruebas se han realizado sobre un teléfono móvil Redmi Note 7 ya que en el momento en el que se realiza el proyecto es mi móvil personal y no se dispone de otro. Para poder hacer uso de la tecnología BLE se necesita como mínimo una versión 4.4 del sistema operativo Android.

En ese sentido, el Redmi Note 7 trabaja sobre la versión 9.0 de Android por lo que no había ningún tipo de incompatibilidad a la hora de llevar el desarrollo de la aplicación móvil.

Además, el teléfono utiliza Bluetooth 5.0 por lo cual tampoco da problemas en ese sentido al tratarse de un teléfono bastante reciente a la fecha de la realización de este trabajo.



Figura 20. Teléfono móvil Redmi Note 7

Fuente: mi.com

4.3. Ingeniería inversa

Se conoce como ingeniería inversa o retroingeniería [11] al proceso de obtener información o un diseño a partir del producto final. Haciendo esto se puede establecer todo el proceso de desarrollo inverso al desarrollo inicial. El método se conoce así, debido a que lleva un avance en la dirección opuesta a las tareas originales de la ingeniería.

La ingeniería inversa surgió en la primera mitad del siglo XX y tiene un origen de carácter militar, puesto que se empezó a aplicar en las grandes guerras que azotaron el mundo en esos primeros años del siglo pasado. Estos procesos de ingeniería inversa eran muy convenientes ya que se podía llegar conocer la tecnología que empleaba cada ejército. Al

recuperar cierto armamento, como es lógico, no se contaba con ningún tipo de documentación ni planos con los que poder llegar a saber cómo se había desarrollado el armamento por lo que se debía aplicar un estudio profundo para ahondar en su funcionamiento hasta poder llegar a entender dicho modo de funcionamiento.

En la actualidad, los productos que más se someten a estos procesos de retroingeniería son los componentes electrónicos y programas software. Sin embargo, cualquier tipo de producto puede ser sujeto de algún método de ingeniería inversa. Muchas empresas tecnológicas de hoy emplean estos procesos para conocer y en muchos casos, si no copiar, tratar de incorporar la tecnología que emplea la competencia en sus productos.

En lo concerniente al marco legal, se debe tener especial cuidado al aplicar estos procesos ya que muchos productos están sujetos a propiedad intelectual y privada.

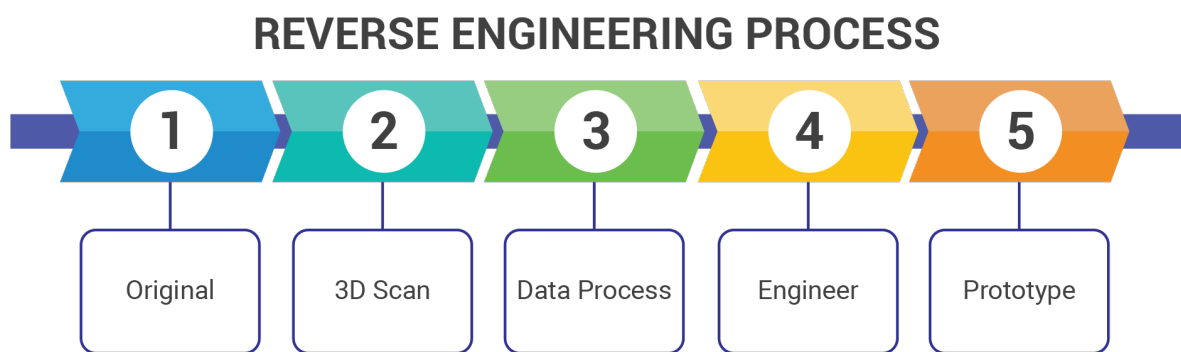


Figura 21. Proceso de ingeniería inversa

Fuente: techtrikonic.com

El realizar un proceso de ingeniería inversa puede conllevar ciertas ventajas con respecto al proyecto inicial, entre las que encontramos:

- Producir diferentes alternativas ya sea para mejorar el producto o corregir alguna deficiencia del mismo.
- Detectar posibles brechas de seguridad que tenga.
- Corregir efectos laterales, errores que pueden surgir en un sistema y que producen efectos no deseados.
- Inducir a la reutilización, detectando componentes que puedan ser usados en otros proyectos y ámbitos.

En lo concerniente a este proyecto, la empresa que fabrica la pulsera, en este caso Xiaomi, no facilita ningún tipo de SDK ni cuenta con una API abierta con la que poder trabajar con la smartband. Este hecho hace obligatorio el recurrir a la ingeniería inversa para poder extraer la información del dispositivo y cómo manejarla.

5. Viabilidad

El estudio de la viabilidad es una sección muy importante del proyecto, gracias a ella se puede pronosticar como va a ser el desarrollo. En este estudio se estiman todas las tareas y el tiempo en el que se debe tratar de cumplir los objetivos marcados.

En este apartado vamos a detallar la viabilidad del proyecto, así como analizar los riesgos. De esta forma podemos llegar a prever futuros problemas que puedan surgir durante la etapa de desarrollo.

5.1. Planificación

En una primera instancia, se establecen las tareas que se van a llevar a cabo durante todo el proyecto. Cabe destacar que en este proyecto se han establecido un total de 4 hitos. La utilización de hitos se debe a que gracias a ellos se marcan unas fechas en las que se debe disponer de un mínimo mostrable de diferentes partes del proyecto.

Una vez marcadas las tareas y haberlas integrado en su correspondiente hito, se evalúa el proyecto de forma temporal. Para ello utilizaremos los diagramas de Gantt, lo cual se trata de una herramienta que sirve para exponer la previsión de tiempo que se va a emplear en cada una de las tareas que se han establecido.

A continuación, se muestra una aproximación a modo de resumen de cada uno de los hitos establecidos:

- **Hito 0.** En este hito se llevó a cabo la planificación inicial y la toma de ideas de lo que necesitaba el proyecto. Se inició el estudio del estado del arte, recopilando información sobre las afecciones cardiovasculares. Por otra parte, se ahondó en los mercados existentes tanto como de pulseras inteligentes como de proyectos semejantes.



Figura 22. Diagrama de Gantt, Hito 0

- **Hito 1.** En este hito se determinaron las herramientas software y hardware que se iban a emplear en el proyecto. A su vez, se realizó un análisis de los riesgos para prever problemas que pudieran surgir. Por otra parte, también se establecieron los requisitos y los casos de uso de la aplicación web y la aplicación móvil.

Nombre actividad	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha finalización
Hito 1	12-abr	37	17-may
Estudio herraminetas software	12-abr	3	14-abr
Estudio herraminetas hardware	15-abr	2	16-abr
Análisis de riesgos	17-abr	4	20-abr
Detrminar carcateríticas del sistema	21-abr	4	23-abr
Especificación de requisitos	24-abr	7	30-abr
Elaboración casos de uso	01-may	5	05-may
Memoria	06-may	12	17-may



Figura 23. Diagrama de Gantt, Hito 1

- **Hito 2.** Una vez concluida la parte de especificación y planificación, se inició la etapa de desarrollo. Esta etapa engloba apartados tanto de diseño previo, como es el caso del diseño de la base de datos y los mockups, como a los apartados de desarrollo como el desarrollo del servidor, la base de datos y la API.

Nombre actividad	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha finalización
Hito 2	02-jul	33	03-ago
Diseño BBDD	02-jul	3	04-jul
Diagramas ER	05-jul	3	07-jul
Mockups	08-jul	2	09-jul
Desarrollo servidor	10-jul	5	14-jul
Desarrollo BBDD	15-jul	3	17-jul
Desarrollo API	18-jul	8	25-jul
Memoria	26-jul	9	03-ago



Figura 24. Diagrama de Gantt, Hito 2

- **Hito 3.** El último hito se empleó, por una parte, para el desarrollo de la web y la aplicación móvil. Una vez creada la aplicación móvil, se estableció la comunicación entre la pulsera y el dispositivo móvil. Para finalizar, los últimos días se dedicaron al testeo de todo el sistema y para finalizar la memoria del proyecto.

Nombre actividad	Fecha de inicio	Duración en días	Fecha finalización
Hito 3	04-ago	25	28-ago
Desarrollo web	04-ago	6	09-ago
Desarrollo app	10-ago	9	18-ago
Comunicación app con pulsera	19-ago	3	21-ago
Pruebas y testeo	22-ago	2	23-ago
Finalizar memoria	24-ago	5	28-ago

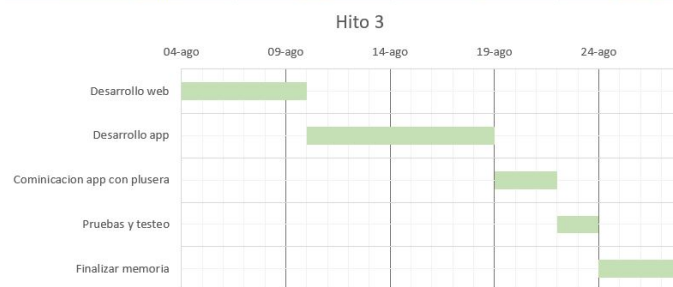


Figura 25. Diagrama de Gantt, Hito 3

5.2. Riesgos

Durante todas las etapas de un proyecto pueden surgir problemas de diferente índole muy variada, desde ralentizar el desarrollo hasta poder llevar a la cancelación del mismo. Prever y analizar estos riesgos puede ayudar a evitarlos o paliar sus efectos en muchos de los casos. En este apartado se exponen los riesgos que pueden acontecer durante el desarrollo.

Se ha elaborado una tabla para cada uno de los riesgos en las que encontramos estos campos:

- **Identificador.** Código de identificación del riesgo.
- **Nombre.** Designación apelativa del riesgo.
- **Tipo.** Dada la naturaleza del riesgo puede ser de distintos tipos.
- **Probabilidad.** Grado de probabilidad de que el riesgo tenga lugar.
- **Efectos.** Nivel de las consecuencias que pueda causar el riesgo.
- **Estrategia.** Serie de normas que se deben seguir para solventar el riesgo.
- **Identificadores potenciales.** Hechos que prueban que el riesgo está teniendo lugar.

Identificador	RI-01
Nombre	No disponer de un equipo informático
Tipo	Tecnología
Probabilidad	Baja
Efectos	Serios
Estrategia	Adquirir un nuevo equipo o utilizar otro
Identificadores potenciales	No poder iniciar el desarrollo

Tabla 2. Riesgo 1

Identificador	RI-02
Nombre	No disponer de la pulsera
Tipo	Tecnología
Probabilidad	Alta
Efectos	Serios
Estrategia	Adquirir la pulsera
Identificadores potenciales	No poder implementar la comunicación con la aplicación móvil

Tabla 3. Riesgo 2

Identificador	RI-03
Nombre	No tener los conocimientos técnicos
Tipo	Persona
Probabilidad	Medio
Efectos	Serios
Estrategia	Consultar y documentarse sobre las tecnologías a utilizar
Identificadores potenciales	Errores o no saber implementar cierto código

Tabla 4. Riesgo 3

Identificador	RI-04
Nombre	Avería de la pulsera
Tipo	Tecnología
Probabilidad	Medio
Efectos	Tolerables
Estrategia	Adquirir o conseguir una nueva pulsera
Identificadores potenciales	No poder establecer una comunicación correcta entre la pulsera y la aplicación

Tabla 5. Riesgo 4

Identificador	RI-05
Nombre	Avería del equipo
Tipo	Tecnología
Probabilidad	Media
Efectos	Serios
Estrategia	Conseguir otro equipo en el que poder seguir trabajando
Identificadores potenciales	No poder continuar con el proyecto

Tabla 6. Riesgo 5

Identificador	RI-06
Nombre	Baja por enfermedad
Tipo	Persona
Probabilidad	Media
Efectos	Serios
Estrategia	Cuidar la salud personal lo máximo posible
Identificadores potenciales	Imposibilidad de trabajar

Tabla 7. Riesgo 6

Identificador	RI-07
Nombre	No poder asistir a reuniones
Tipo	Organizacional
Probabilidad	Media
Efectos	Tolerables
Estrategia	Proponer y pactar otras fechas para reunirse con el tutor
Identificadores potenciales	El resultado del proyecto no es el debido ya que no se obtiene feedback del tutor

Tabla 8. Riesgo 7

Identificador	RI-08
Nombre	Surgimiento de compromisos personales
Tipo	Persona
Probabilidad	Medio
Efectos	Medios
Estrategia	Tratar de llevar al día una agenda de trabajo y adaptar los compromisos personales a ella
Identificadores potenciales	Retrasos a la hora de trabajar

Tabla 9. Riesgo 8

Identificador	RI-09
Nombre	Desechar la idea inicial del proyecto
Tipo	Organizacional
Probabilidad	Baja
Efectos	Serios
Estrategia	Solo plantear un cambio tan drástico en las etapas tempranas del desarrollo
Identificadores potenciales	No encontrar la motivación para seguir con el proyecto

Tabla 10. Riesgo 9

Identificador	RI-10
Nombre	Problemas familiares o personales
Tipo	Persona
Probabilidad	Media
Efectos	Serios
Estrategia	Sobrellevar como se pueda los problemas familiares o personales de tal forma que afecten lo menos posible al trabajo
Identificadores potenciales	Retrasos a la hora de cumplir los objetivos marcados

Tabla 11. Riesgo 10

Identificador	RI-11
Nombre	Desmotivación
Tipo	Persona
Probabilidad	Media
Efectos	Serios
Estrategia	Llevar un horario diario en el que aunque a veces falqué la motivación sí que se disponga de un hábito de trabajo
Identificadores potenciales	No se trabaja todo lo que se debería y se empieza a posponer el trabajo

Tabla 12. Riesgo 11

Identificador	RI-12
Nombre	Sobrestimar los conocimientos propios
Tipo	Estimación
Probabilidad	Media
Efectos	Medios
Estrategia	Documentarse y aprender nuevos conceptos y tecnologías

Identificadores potenciales	Dificultad a la hora de desarrollar el proyecto
------------------------------------	---

Tabla 13. Riesgo 12

Identificador	RI-13
Nombre	Incompatibilidad horarios de trabajo o estudio
Tipo	Persona
Probabilidad	Media
Efectos	Serios
Estrategia	Establecer un horario tanto de trabajo como del tiempo que se dedica al proyecto
Identificadores potenciales	Falta de tiempo para ponerse a trabajar en el proyecto

Tabla 14. Riesgo 13

Identificador	RI-14
Nombre	Equivocarse con la pulsera elegida
Tipo	Estimación
Probabilidad	Baja
Efectos	Medios
Estrategia	Volver a realizar un estudio sobre las pulseras y decidir la que mejor convenga
Identificadores potenciales	Falta de compatibilidad o de alguna característica en la pulsera

Tabla 15. Riesgo 14

Identificador	RI-15
Nombre	Equivocarse con la tecnología elegida
Tipo	Estimación
Probabilidad	Media
Efectos	Medios
Estrategia	Escoger una tecnología que se adapte mejor a lo que se busca conseguir
Identificadores potenciales	Falta de compatibilidad o no alcanzar los objetivos marcados con la tecnología elegida

Tabla 16. Riesgo 15

Identificador	RI-16
Nombre	Retraso en los plazos
Tipo	Organizacional

Probabilidad	Media
Efectos	Medios
Estrategia	Seguir los horarios marcados y realizar las tareas que se han establecido en la planificación
Identificadores potenciales	No llegar a tiempo a la finalización de los hitos

Tabla 17. Riesgo 16

Identificador	RI-17
Nombre	Incompatibilidad de uso con el smartphone
Tipo	Herramientas
Probabilidad	Baja
Efectos	Serios
Estrategia	Tratar de conseguir otro teléfono para realizar pruebas
Identificadores potenciales	No se puede probar la aplicación desarrollada en el móvil

Tabla 18. Riesgo 17

Identificador	RI-18
Nombre	No alcanzar los objetivos acordados
Tipo	Organizacional
Probabilidad	Media
Efectos	Serios
Estrategia	Seguir los plazos marcados en la planificación y emplear un mayor desempeño
Identificadores potenciales	Surgimiento de retrasos en cada tarea haciendo aparecer desfases en las demás

Tabla 19. Riesgo 18

Identificador	RI-19
Nombre	Perdida de los ficheros del proyecto
Tipo	Herramientas
Probabilidad	Baja
Efectos	Catastróficos
Estrategia	Mantener copias de seguridad en distintos sitios
Identificadores potenciales	Pérdida irreparable de los archivos del proyecto

Tabla 20. Riesgo 19

Identificador	RI-20
Nombre	No poder conectar la pulsera con la aplicación
Tipo	Herramientas
Probabilidad	Baja
Efectos	Serios
Estrategia	Documentarse de como poder realizar la conexión de manera correcta
Identificadores potenciales	Incapacidad de establecer la conexión con la aplicación

Tabla 21. Riesgo 20

Identificador	RI-21
Nombre	Código mal optimizado
Tipo	Tecnología
Probabilidad	Media
Efectos	Medios
Estrategia	Programar el código de forma correcta, limpia y optimizada
Identificadores potenciales	Ralentizaciones y bugs en el sistema

Tabla 22. Riesgo 21

Identificador	RI-22
Nombre	Cambios en el diseño de aplicaciones
Tipo	Requerimientos
Probabilidad	Media
Efectos	Tolerables
Estrategia	Realizar los cambios que se desean actualizando los requerimientos iniciales
Identificadores potenciales	No estar conforme con la apariencia o implementación de las aplicaciones

Tabla 23. Riesgo 22

Identificador	RI-23
Nombre	Cambios en la API
Tipo	Requerimientos
Probabilidad	Media
Efectos	Tolerables
Estrategia	Implementar los cambios en la API que se crean oportunos

Identificadores potenciales	Falta de implementación de métodos para ingresar o extraer datos en la base de datos desde las aplicaciones
------------------------------------	---

Tabla 24. Riesgo 23

Identificador	RI-24
Nombre	No poder solventar problemas técnicos
Tipo	Organizacional
Probabilidad	Baja
Efectos	Serios
Estrategia	Ahondar en las tecnologías utilizadas para poder resolver los problemas
Identificadores potenciales	Incapacidad de poder desarrollar algún tipo de funcionalidad en el proyecto

Tabla 25. Riesgo 24

Identificador	RI-25
Nombre	Cambios en la base de datos
Tipo	Requerimientos
Probabilidad	Media
Efectos	Tolerables
Estrategia	Introducir los nuevos cambios en la base de datos
Identificadores potenciales	Falta de alguna entidad en la base de datos

Tabla 26. Riesgo 25

Identificador	RI-26
Nombre	No poder entregar la aplicación final
Tipo	Estimación
Probabilidad	Baja
Efectos	Catastróficos
Estrategia	Mantener un buen ritmo de trabajo durante todo el proyecto
Identificadores potenciales	No conseguir acabar el proyecto

Tabla 27. Riesgo 26

6. Análisis y especificación

En el siguiente apartado se expone el proceso de análisis y especificación que se llevó a cabo en las etapas tempranas del proyecto. Es una parte del proyecto muy importante debido a que es sobre los que se va a sustentar todo el desarrollo. Se trata de elaborar un listado de características que dan forma a la idea de proyecto. Se establece así, que cosas hace y que cosas no hace el sistema creado. Se explican las características básicas del sistema, los requisitos y los casos de uso que determinan el éxito del proyecto.

6.1. Características del sistema

A continuación, se van a definir las características básicas que deben cumplir las aplicaciones. De esta forma se puede comprobar si el sistema final cumple con los objetivos marcados en un inicio. Se muestra el grado de compromiso entre lo marcado en el inicio con el resultado final, para ello se establece un listado que muestra cada una de las características básicas con la siguiente codificación:

- **Identificador.** Código que identifica la característica básica.
- **Nombre.** Nomenclatura de la característica.
- **Descripción.** Un breve texto descriptivo de cada una.
- **Grado.** Consideración de la prioridad que se debe otorgar a cada una de las características.

Identificador	CB-01
Nombre	Administración de los usuarios
Descripción	El sistema debe ser capaz de administrar los datos de los usuarios (registro, autenticación, etc.)
Grado	Alto

Tabla 28. Característica básica 1

Identificador	CB-02
Nombre	Gestión de la base de datos
Descripción	Los datos introducidos desde las dos aplicaciones deben ser añadidos, borrados y modificados correctamente
Grado	Alto

Tabla 29. Característica básica 2

Identificador	CB-03
Nombre	Aplicación web
Descripción	Creación de una aplicación web desde la que el personal médico puede realizar monitorizaciones de sus pacientes
Grado	Alto

Tabla 30. Característica básica 3

Identificador	CB-04
Nombre	Aplicación móvil
Descripción	Creación de una aplicación móvil para el paciente y usuario de la pulsera
Grado	Alto

Tabla 31. Característica básica 4

Identificador	CB-05
Nombre	Comunicación aplicación móvil/pulsera
Descripción	Se establece una comunicación entre la pulsera y la aplicación móvil
Grado	Alto

Tabla 32. Característica básica 5

Identificador	CB-06
Nombre	Gestión datos de la pulsera
Descripción	La aplicación móvil debe ser capaz de gestionar los datos del ritmo cardiaco recibidos de la pulsera
Grado	Medio

Tabla 33. Característica básica 6

6.2. Requisitos

La etapa de análisis de requisitos se basa en documentar las diferentes necesidades y formas de funcionar de un sistema. De esta forma se establece qué hacen y que no hacen las aplicaciones, son objetivos completos, consistentes y alcanzables, por lo que su redacción es no ambigua y lo más concisa posible. También sirve para identificar las posibles deficiencias que pueda tener el sistema. Los podemos diferenciar entre dos tipos de requisitos, los requisitos funcionales y los requisitos no funcionales.

6.2.1. Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales son aquellos requisitos que describen la actividad que el sistema debe realizar. Cada requisito funcional es un conjunto de entradas, comportamientos y salidas que suceden en el sistema cuando este responde a ciertas acciones.

Se ha elaborado una tabla para cada uno de los requisitos funcionales que contienen los siguientes campos:

- **Identificador.** Código que identifica cada requisito.
- **Nombre.** Nombre del requisito funcional.
- **Descripción.** Definición somera de cada requisito.
- **Grado.** Prioridad que se le debe dar al requisito.
- **Dependencia.** Identificador de los requisitos que se necesitan para poder

Identificador	RF-01
Nombre	Registrar paciente
Descripción	El sistema debe ser capaz de registrar pacientes, insertándolos en la base de datos
Grado	Alto
Dependencia	-

Tabla 34. Requisito funcional 1

Identificador	RF-02
Nombre	Registrar médico
Descripción	El sistema debe ser capaz de registrar médicos, insertándolos en la base de datos
Grado	Alto
Dependencia	-

Tabla 35. Requisito funcional 2

Identificador	RF-03
Nombre	Inicio de sesión
Descripción	Las aplicaciones deben ser capaces de autenticar a los usuarios
Grado	Alto
Dependencia	RF-01, RF-02

Tabla 36. Requisito funcional 3

Identificador	RF-04
Nombre	Búsqueda de enfermedades
Descripción	Se pueden realizar búsquedas de enfermedades en el sistema
Grado	Medio
Dependencia	-

Tabla 37. Requisito funcional 4

Identificador	RF-05
Nombre	Consultar recomendaciones
Descripción	Se pueden realizar consultas de recomendaciones para las distintas enfermedades
Grado	Bajo
Dependencia	-

Tabla 38. Requisito funcional 5

Identificador	RF-06
Nombre	Consultar medicación
Descripción	Se pueden consultar la medicación para cada tipo de afecciones
Grado	Bajo
Dependencia	-

Tabla 39. Requisito funcional 6

Identificador	RF-07
Nombre	Histórico de ritmos cardíacos
Descripción	La aplicación debe mostrar el histórico de ritmos cardíacos del paciente
Grado	Alto
Dependencia	RF-03

Tabla 40. Requisito funcional 7

Identificador	RF-08
Nombre	Crear alarmas para la toma de medicación
Descripción	En la aplicación móvil se puede crear alarmas para la toma de medicación
Grado	Alto
Dependencia	RF-03

Tabla 41. Requisito funcional 8

Identificador	RF-09
Nombre	Vincular la pulsera con la aplicación
Descripción	Se puede vincular la pulsera con el dispositivo desde la aplicación móvil
Grado	Alto
Dependencia	RF-03

Tabla 42. Requisito funcional 9

Identificador	RF-10
Nombre	Asignar médico a paciente
Descripción	Desde el sistema se asigna un médico a cada paciente
Grado	Alto
Dependencia	RF-03

Tabla 43. Requisito funcional 10

Identificador	RF-11
Nombre	Crear cuidador
Descripción	Se puede crear cuidadores para los pacientes
Grado	Medio
Dependencia	RF-03

Tabla 44. Requisito funcional 11

Identificador	RF-12
Nombre	Cerrar sesión
Descripción	Después de haber iniciado sesión, es posible cerrarla
Grado	Alto
Dependencia	RF-03

Tabla 45. Requisito funcional 12

Identificador	RF-13
Nombre	Eliminar paciente
Descripción	Desde el sistema se puede borrar el registro de los pacientes
Grado	Bajo
Dependencia	RF-03

Tabla 46. Requisito funcional 13

Identificador	RF-14
Nombre	Eliminar cuidador
Descripción	El sistema es capaz de eliminar los cuidadores que se hayan creado para un paciente
Grado	Bajo
Dependencia	RF-03

Tabla 47. Requisito funcional 14

Identificador	RF-15
Nombre	Eliminar médico
Descripción	Desde el sistema se puede borrar médicos
Grado	Bajo
Dependencia	RF-03

Tabla 48. Requisito funcional 15

Identificador	RF-16
Nombre	Alerta de posible ataque cardiovascular
Descripción	La aplicación manda alertas de ataques que estén ocurriendo
Grado	Alto
Dependencia	-

Tabla 49. Requisito funcional 16

Identificador	RF-17
Nombre	Modificar datos del paciente
Descripción	Se puede modificar los datos del paciente desde la aplicación
Grado	Medio
Dependencia	RF-03

Tabla 50. Requisito funcional 17

Identificador	RF-18
Nombre	Modificar datos del médico
Descripción	Se puede modificar los datos del paciente desde la aplicación
Grado	Medio
Dependencia	RF-03

Tabla 51. Requisito funcional 18

Identificador	RF-19
Nombre	Generar umbral de ritmo cardíaco
Descripción	El sistema genera umbrales del ritmo cardíaco con los datos rescatados de la pulsera
Grado	Alto
Dependencia	RF-03

Tabla 52. Requisito funcional 19

6.2.2. Requisitos no funcionales

Estos requisitos representan características de manera general que tenga la aplicación, así como distintas restricciones del mismo. Estos requisitos no se relacionan con la funcionalidad, sino con las propiedades del sistema. Están relacionados con atributos como pueden ser la eficiencia, la seguridad o la usabilidad.

Las tablas que se generan para cada requisito no funcional exponen la siguiente información:

- **Identificador.** Código que identifica cada requisito.
- **Nombre.** Nombre del requisito funcional.
- **Descripción.** Definición somera de cada requisito.
- **Grado.** Prioridad que se le debe dar al requisito.

Identificador	RNF-01
Nombre	Seguridad
Descripción	El sistema debe adscribirse a las normas de seguridad en lo referente a sistemas informáticos y la ley de protección de datos
Grado	Alto

Tabla 53. Requisito no funcional 1

Identificador	RNF-02
Nombre	Rendimiento
Descripción	Las aplicaciones y su ejecución deben ser consistentes y lo más robustas posibles
Grado	Medio

Tabla 54. Requisito no funcional 2

Identificador	RNF-03
Nombre	Multiplataforma
Descripción	La aplicación web debe poder usarse en la mayoría de navegadores web y la aplicación móvil debe poder ejecutarse en los sistemas operativos de Google y Apple
Grado	Alto

Tabla 55. Requisito no funcional 3

Identificador	RNF-04
Nombre	Software necesario
Descripción	Para poder llevar a cabo el desarrollo de las aplicaciones se necesita de distinto software
Grado	Alto

Tabla 56. Requisito no funcional 4

Identificador	RNF-05
Nombre	Hardware necesario
Descripción	Para el desarrollo y la ejecución de las aplicaciones son necesarios tanto un PC como una smartband
Grado	Alto

Tabla 57. Requisito no funcional 5

Identificador	RNF-06
Nombre	Usabilidad
Descripción	Debido al público al que está enfocado el proyecto las aplicaciones deberán tener un diseño coherente
Grado	Alto

Tabla 58. Requisito no funcional 6

Identificador	RNF-07
Nombre	Diseño
Descripción	
Grado	Medio

Tabla 59. Requisito no funcional 7

6.3. Casos de uso

En este apartado se van a describir los casos de uso pertenecientes al sistema. Se trata de describir una serie de actividades que debe realizar un actor para acometer algún tipo de proceso. De esta forma podemos definir el comportamiento del sistema cuando se realiza alguna acción sobre él.

En nuestro proyecto podemos distinguir dos tipos de actores. Por un lado, tenemos al paciente, que tendrá asociadas una serie de acciones que podrá realizar. Y por otro lado encontramos al médico, que se encargara de la supervisión y el ingreso de datos.

Para cada caso de uso se establece una tabla en la que se expone la información de cada uno de ellos:

- **Identificador.** Código que identifica el caso de uso.
- **Nombre.** Designación apelativa del riesgo.
- **Actor.** Usuario que realiza la petición.
- **Propósito.** Hecho por el cual el actor realiza la petición.
- **Respuesta.** Reacción del sistema a la petición del actor.
- **Respuesta alterna.** Reacción distinta a la esperada por el sistema.

Identificador	CU-01
Nombre	Iniciar la aplicación
Actor	Usuario
Propósito	El usuario quiere iniciar la aplicación
Respuesta	La aplicación se abre
Respuesta alterna	-

Tabla 60. Caso de uso 1

Identificador	CU-02
Nombre	Registro paciente
Actor	Paciente
Propósito	El paciente quiere registrarse en el sistema
Respuesta	Se abre la página de registro y se muestra el formulario de registro
Respuesta alterna	-

Tabla 61. Caso de uso 2

Identificador	CU-03
Nombre	Registro médico
Actor	Médico
Propósito	El médico quiere registrarse en el sistema

Respuesta	Se abre la página de registro y se muestra el formulario de registro
Respuesta alterna	-

Tabla 62. Caso de uso 3

Identificador	CU-04
Nombre	Inicio de sesión
Actor	Usuario
Propósito	El usuario quiere iniciar sesión
Respuesta	Se abre la página de autenticación y se muestra el formulario
Respuesta alterna	-

Tabla 63. Caso de uso 4

Identificador	CU-05
Nombre	Página personal
Actor	Paciente
Propósito	Consultar sus datos e información
Respuesta	Al autenticarse se abre la página personal del paciente
Respuesta alterna	Si ha fallado la autenticación, se vuelve a mostrar el formulario de login

Tabla 64. Caso de uso 5

Identificador	CU-06
Nombre	Consultar medicación
Actor	Paciente
Propósito	El paciente quiere consultar las medicaciones que le ha sido asignadas
Respuesta	Se abre la página de medicaciones donde se muestra un listado de las medicaciones asignadas.
Respuesta alterna	-

Tabla 65. Caso de uso 6

Identificador	CU-07
Nombre	Consultar recomendaciones
Actor	Paciente
Propósito	El paciente desea consultar distintas recomendaciones para las afecciones cardiovasculares

Respuesta	Se abre la página de recomendaciones donde se muestran distintos tipos de recomendaciones
Respuesta alterna	-

Tabla 66. Caso de uso 7

Identificador	CU-08
Nombre	Cerrar sesión
Actor	Usuario
Propósito	Se desea cerrar la sesión
Respuesta	El sistema cierra la sesión y vuelve a la página de autenticación.
Respuesta alterna	-

Tabla 67. Caso de uso 8

Identificador	CU-09
Nombre	Modificar umbral
Actor	Usuario
Propósito	El usuario puede modificar el umbral de su ritmo cardiaco
Respuesta	El sistema actualiza el umbral del paciente
Respuesta alterna	-

Tabla 68. Caso de uso 9

Identificador	CU-10
Nombre	Consultar datos de paciente
Actor	Medico
Propósito	El médico desea conocer o consultar los datos e historial del paciente
Respuesta	Se abre una página con un listado del historial de los registros del ritmo y la medicación que utiliza el paciente
Respuesta alterna	-

Tabla 69. Caso de uso 10

Identificador	CU-11
Nombre	Página personal medico
Actor	Médico
Propósito	El médico accede y se autentifica en la aplicación

Respuesta	Al autenticarse se abre la página principal donde se ve un listado de sus pacientes asignados y donde puede añadir recomendaciones y medicaciones
Respuesta alterna	Si alguno de los campos de autenticación son incorrectos se vuelve a mostrar el formulario

Tabla 70. Caso de uso 11

Identificador	CU-12
Nombre	Vincular pulsera
Actor	Paciente
Propósito	Desea vincular la pulsera con la aplicación móvil
Respuesta	El sistema inicia el proceso de vinculación entre la pulsera y el teléfono
Respuesta alterna	-

Tabla 71. Caso de uso 12

Identificador	CU-13
Nombre	Asignar afección al paciente
Actor	Médico
Propósito	El médico quiere asignar una enfermedad a un paciente
Respuesta	Se abre una pantalla en la que puede vincular una de las enfermedades a uno de los pacientes
Respuesta alterna	-

Tabla 72. Caso de uso 13

Identificador	CU-14
Nombre	Asignar medicación al paciente
Actor	Médico
Propósito	El médico quiere asignar una medicación a uno de sus pacientes
Respuesta	Se abre una pantalla en la que puede asignar la medicación al paciente
Respuesta alterna	-

Tabla 73. Caso de uso 14

Identificador	CU-15
Nombre	Añadir afección

Actor	Médico
Propósito	Se desea añadir una afección al sistema
Respuesta	Se abre una página con un formulario para añadir la enfermedad
Respuesta alterna	-

Tabla 74. Caso de uso 15

Identificador	CU-16
Nombre	Añadir medicación
Actor	Médico
Propósito	Se desea añadir una medicación al sistema
Respuesta	Se abre una pantalla con un formulario para añadir la medicación
Respuesta alterna	-

Tabla 75. Caso de uso 16

Identificador	CU-17
Nombre	Teléfonos de emergencia
Actor	Paciente
Propósito	Consultar los numero de emergencia
Respuesta	Una pantalla muestra los números a los que se puede llamar cuando surge una emergencia
Respuesta alterna	-

Tabla 76. Caso de uso 17

7. Diseño y arquitectura

Nos encontramos en la etapa de pre desarrollo, en la que se muestran los datos más cercanos al desarrollo de las dos aplicaciones. Por un lado, se expone el diagrama entidad-relación en el que se aprecian las entidades principales y la forma en la que se relacionan entre ellas. Por otro lado, se exponen los mockups de las dos aplicaciones mediante los cuales se puede hacer una idea de cómo se visualizarán las pantallas de las mismas. Esto es muy útil ya que para el desarrollo se sabe lo que se busca y de qué forma implementarlo.

7.1. Diagrama E-R

En el siguiente diagrama se muestra un esquema conceptual que resume las entidades y las relaciones entre ellas.

Como se aprecia, está formado por las unidades principales del proyecto, las cuales son básicas para el correcto funcionamiento del sistema. Este tipo de diseños simples e ilustrativos es muy conveniente ya que se hace un esqueleto del sistema el cual es escalable para añadir funcionalidades o características en el futuro.

Cabe hacer mención a la decisión de diferenciar las tablas de un paciente y un médico ya que se ha creído conveniente no crear una entidad general para los usuarios sin distinción debido a que se trata de dos roles muy diferenciados en el sistema.

Estos dos roles son los principales del sistema, el paciente estará presente en la aplicación móvil, mientras que el médico será el que haga uso de la aplicación web.

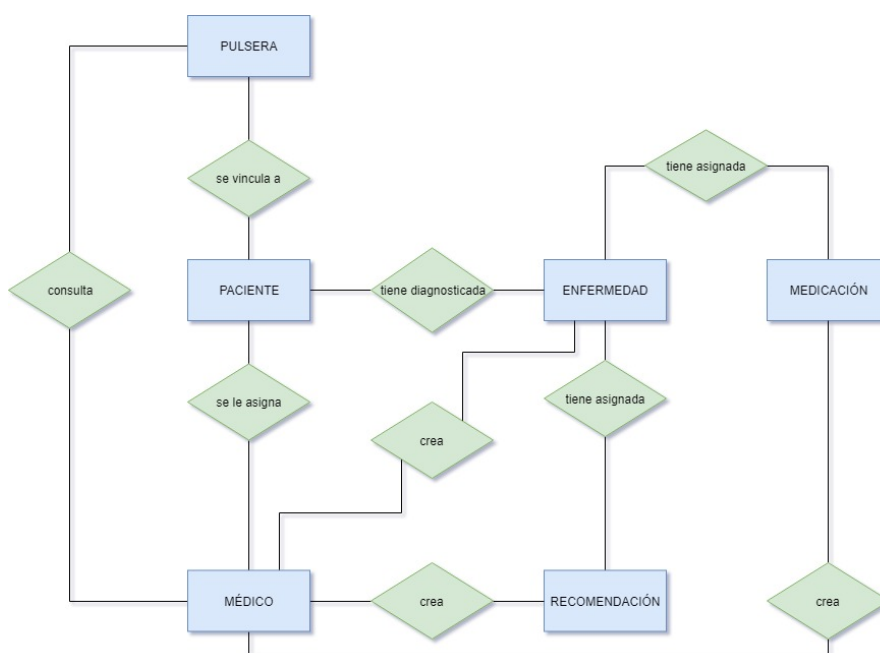
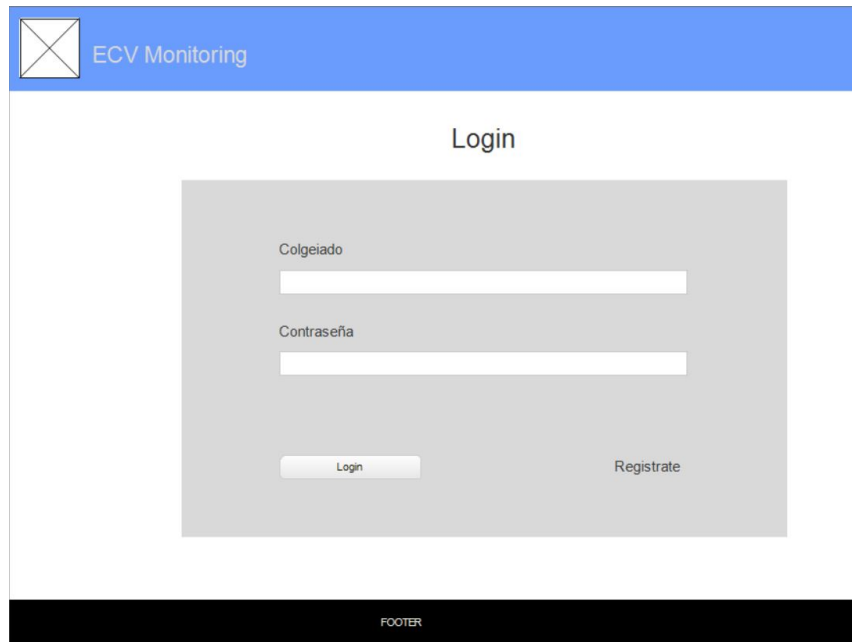


Figura 26. Diagrama ER

7.2. Mockups

En el siguiente apartado se muestran los mockups de las dos aplicaciones. Esta parte de la especificación es muy importante ya que muestra los componentes que debe tener el sistema. Además, permite mediante un bosquejo conocer el diseño y como se estructuran las aplicaciones. Para la realización de los mockups se ha hecho uso de Justinmind Prototyper. A continuación, se exponen los mockups realizados de la aplicación web y la aplicación móvil.



The mockup shows a web browser window with a blue header bar containing a placeholder icon and the text "ECV Monitoring". The main content area is white and titled "Login". It features a gray rectangular form with two input fields labeled "Colgeiado" and "Contraseña". Below these fields are two buttons: "Login" and "Registrate". A black footer bar at the bottom contains the word "FOOTER".

Figura 27. Mockup login web

Esta es la página de inicio donde el medico podrá autenticarse y acceder al sistema.



The mockup shows a web browser window with a blue header bar containing a placeholder icon and the text "ECV Monitoring". The main content area is white and titled "Registro". It features a gray rectangular form with five input fields labeled "Colgeiado", "Nombre", "Apellidos", "Contraseña", and "Repetir c ontraseña". Below these fields are two buttons: "Registrarne" and "Volver".

Figura 28. Mockup registro web

En esta página el medico podrá registrarse en el sistema mediante un formulario.

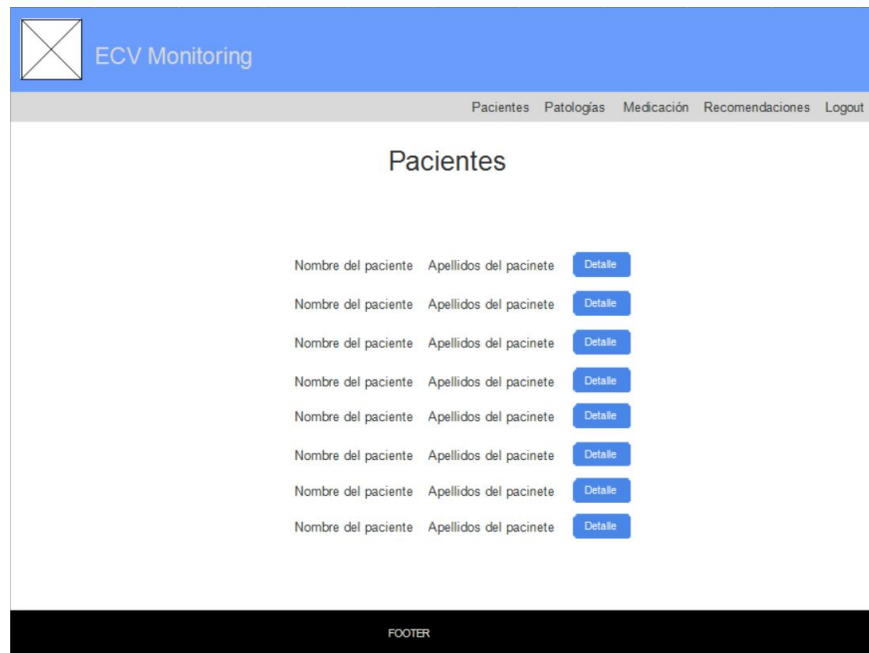


Figura 29. Mockup pacientes web

El médico al loguearse verá un listado con todos los pacientes que tiene asignados y un botón que le lleve a la información de cada paciente.



Figura 30. Mockup detalle paciente

En la página de detalle de paciente se muestra toda la información del paciente seleccionado. También se muestra la patología que padece y los registros de la pulsera.

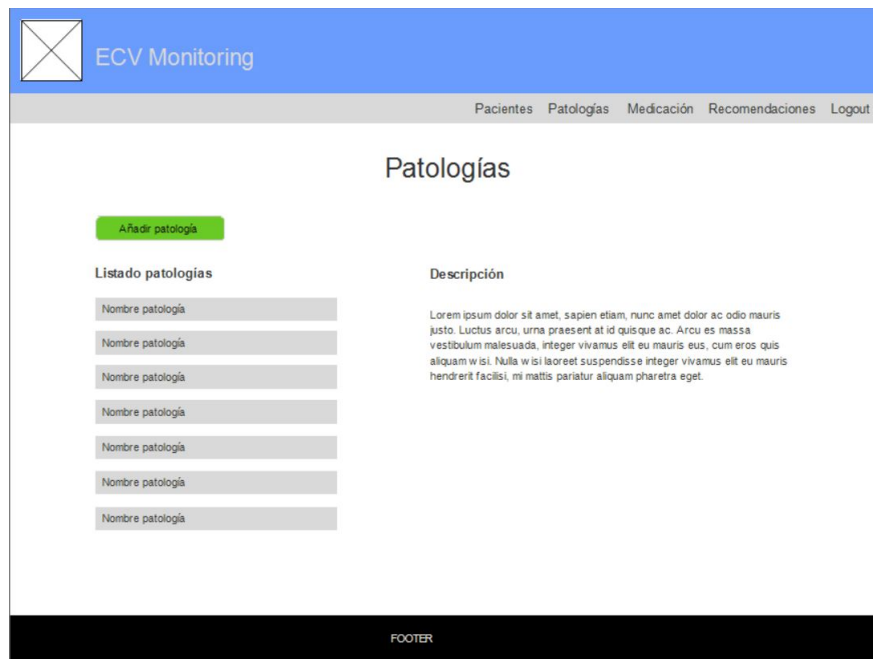


Figura 31. Mockup patologías

En la pantalla de patologías se mostrará un listado de las patologías con su correspondiente descripción y un botón para añadir nuevas.

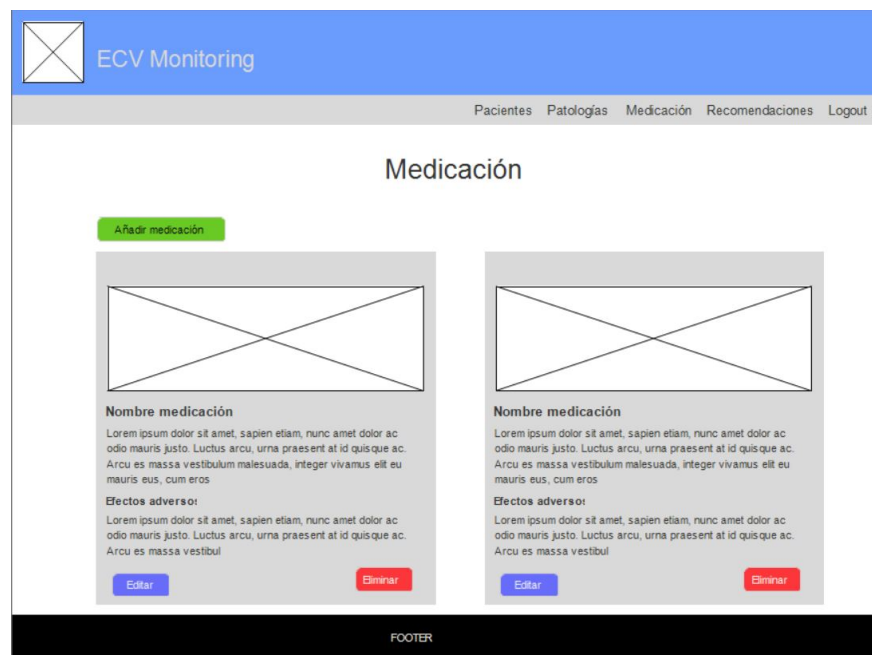


Figura 32. Mockup medicaciones

Se mostrarán las distintas medicaciones con un formato de tarjetas en las que se dispondrá de toda la información de las mismas. Se dispondrá de distintos botones para realizar distintas acciones sobre las medicaciones.



Figura 33. Mockups recomendaciones

En la sección de recomendaciones se aprecia también las recomendaciones ingresadas en el sistema con su correspondiente imagen, título y descripción. También se encuentran varios botones para realizar ciertas acciones sobre cada recomendación.



Figura 34. Mockups inicio aplicación

Es la página inicial de la aplicación móvil donde el usuario puede identificarse o navegar a la página de registro.

ECV Monitoring
Monitorización con pulseras inteligentes

Registro

SIP

Nombre

Apellidos

Edad

Peso

Género

Contraseña

Repetir contraseña

Regístrate

[Volver](#)

Figura 35. Mockups registro aplicación

Desde esta página el usuario puede registrarse en el sistema.

← Historial

Últimos registros

LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000

Registros fuera del umbral

LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000
LPM: 00	Fecha: 00/00/0000

Figura 36. Mockups historial aplicación

Es la primera pantalla que ve el usuario al autenticarse, en ella se muestra tanto los últimos registros de la pulsera, como los registros que están fuera del umbral del paciente.

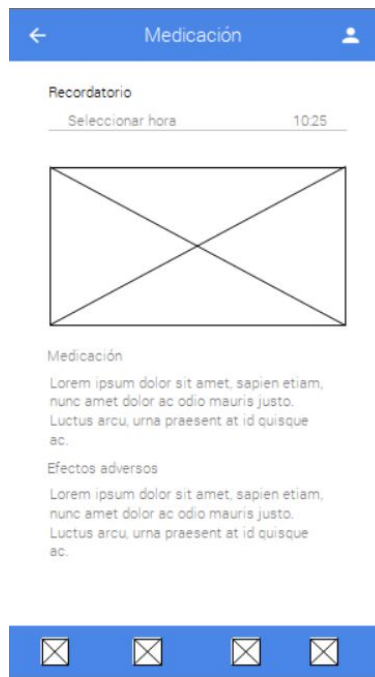


Figura 37. Mockups medicación aplicación

Desde la página de medicación el usuario puede establecer un recordatorio para tomarla o bien consultar la información de la medicación que se le ha sido prescrita.



Figura 38. Mockups recomendaciones aplicación

En esta sección se muestran todas las recomendaciones que hay en el sistema. Se podrá transitar por ellas en forma de slide.



Figura 39. Mockups vincular aplicación

En esta página se puede buscar dispositivo, emparejarlo y empezar a recibir los datos de la pulsera.

8. Desarrollo e implementación

Existe en la actualidad una gran cantidad de tecnologías que nos permiten desarrollar proyectos como el que tratamos en esta memoria. Se ha llevado a cabo una investigación de las tecnologías que se podrían adaptar al tipo de proyecto, las cuales se exponen en los siguientes subapartados. Se han tenido en cuenta distintos factores para decidir entre unas tecnologías y descartar otras, ya sea por conocimiento previo o bien una curva de aprendizaje que no comprometa el desarrollo.

8.1. Tecnologías utilizadas

En este apartado se muestran las tecnologías que se han utilizado para el desarrollo tanto de la aplicación web como la aplicación móvil. En una primera instancia se expondrá como se ha llevado a cabo la parte del servidor. Y en una segunda instancia, se explicará el desarrollo de la parte del cliente. En cada uno de los dos apartados se indicará las herramientas software utilizadas.

8.2. BackEnd

Conocemos Backend como una capa de acceso a información de un software, y que no es accesible para los usuarios finales del sistema. En esta capa podemos encontrar la lógica del sistema que se encarga de manipular los datos del mismo. En el Backend podemos encontrar el servidor y una base de datos propia o ajena donde se realizan distintos tipos de acciones por parte del servidor mediante una API.

8.2.1. Base de datos, servidor y API

La base de datos creada, con nombre “ecv_monitoring”, almacena la distinta información de la que se nutren las aplicaciones. Se ha utilizado la herramienta MySQL Workbench para la implementación de la base de datos. Se trata de una herramienta visual de diseño de bases de datos, la cual nos permite relacionar tablas, realizar consultas y cualquier tipo de operación sobre la base de datos.



Figura 40. MySQL Workbench

Fuente: mysql.com

A continuación, se detallan las entidades que componen la base de datos:

- **Usuario.** Entidad que contiene la información y los datos de los usuarios que han sido registrados en el sistema.
 - Campos: sip, nombre, apellidos, pwd, edad, peso, genero, medico.
 - Clave primaria: sip.
- **Médico.** Entidad que contiene la información sobre los médicos que contiene el sistema.
 - Campos: colegiado, nombre, apellidos, pwd.
 - Clave primaria: coelgiado.
- **Pulsera.** Entidad que muestra los registros que se extraen de la puslera
 - Campos: id_pulsera, ritmo, fecha, usuario_sip.
 - Clave primaria: id_pulsera.
- **Recomendación.** Entidad que contiene los datos sobre las recomendaciones para cada tipo de enfermedad.
 - Campos: id_recomendacion, titulo, descripción, img.
 - Clave primaria: id_recomendacion.
- **Medicación.** Esta entidad muestra la información de las distintas medicaciones que se han registrado en el sistema.
 - Campos: id_medicacion, nombre, descripción, efectos_adversos, img.
 - Clave primaria: id_medicacion.
- **Enfermedad.** En esta enditad encontramos los datos de las enfermedades que se han añadido.
 - Campos: id_enfermedad, nombre_enfermedad, descripción.
 - Clave primaria: id_enfermedad.

A su vez, encontramos tres tablas de relación entre dos tablas debido a su relación M: N. En concreto encontramos:

- **Enfermedad_has_usuarios.** Entidad que relaciona las tablas enfermedad y usuario.
- **Medicacion_has_enfermedad.** Entidad que relaciona las tablas medicación y enfermedad.
- **Recomendación_has_enfermedad.** Tabla que relaciona recomendaciones y enfermedad.

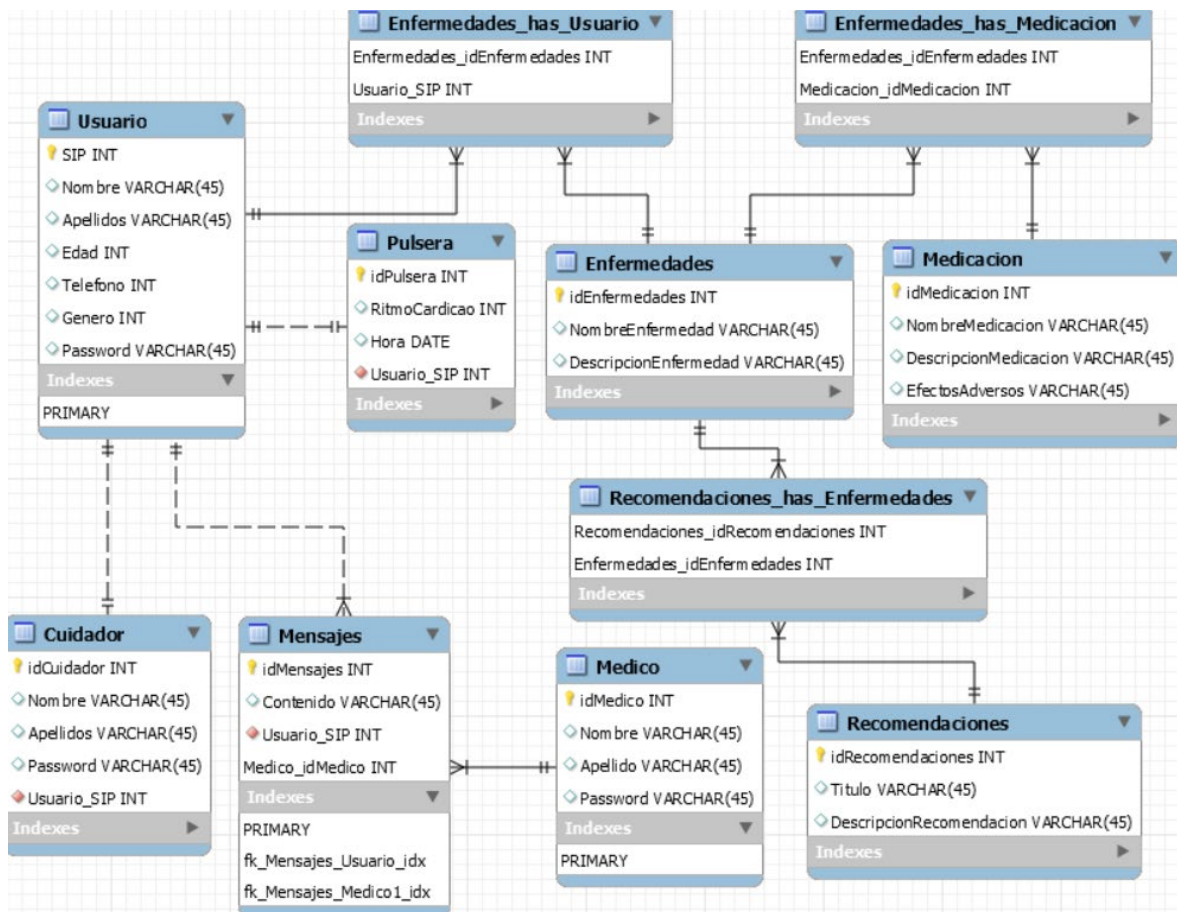


Figura 41. Esquema de la base de datos

Fuente: producción propia

En cuanto al servidor y la API, se ha hecho uso de la tecnología NodeJS y su framework Express. Se trata de una tecnología que a día de la realización del proyecto es muy demandada y utilizada en el sector del desarrollo web. Se ha decidido el uso de NodeJS por tener cierta experiencia en proyectos pasados con esta herramienta. La combinación de Node y Express permite un desarrollo rápido y completo de un servidor.



Figura 42. NodeJS y Express

Fuente: nodejs.org/es/ y expressjs.com/es/

En la parte del servidor se ha hecho uso de las dependencias de NodeJS:

- **Bcryptjs:** Se utiliza para realizar un cifrado Hash de las contraseñas que se almacenan en la base de datos.

```
let bcrypt = require('bcryptjs');  
let pwd = bcrypt.hashSync(req.body.pwd, bcrypt.genSaltSync(9));
```

- **Body-parser:** Se trata de un middleware que permite leer los input de los formularios y transformarlos en un objeto de JavaScript.

```
router.post ('/api/recomendacion', (req) => {  
  let titulo = req.body.titulo;  
  let descripcion = req.body.descripcion;  
  let img = req.body.img;
```

- **Express:** Es un framework de NodeJS que proporciona un conjunto sólido y flexible, aportando mayor rapidez a la hora de crear servidores y APIs.

```
let express = require('express');  
  
app.use(express.json());
```

- **MySQL:** Módulo que permite conectar una base de datos MySQL a nuestro servidor. Gracias a esta conexión podemos gestionar todos los métodos HTTP de nuestra API hacia la base de datos.

```
let mysql = require('mysql');  
  
// SE CREA LA CONEXION CON LA BD  
let mysqlConex = mysql.createConnection({  
  host: 'localhost',  
  user: 'root',  
  password: '',  
  database: 'ecv_monitoring',  
  multipleStatements: true  
});
```

```
mysqlConex.connect((err) => {
  if(err){
    console.log(err);
    return;
  } else {
    console.log('Base de datos conectada');
  }
});

module.exports = mysqlConex;
```

Se ha implementado una API, la cual permite realizar las operaciones CRUD en las diferentes entidades de la base de datos. A continuación, se exponen algunos de los más de 30 métodos HTTP que la componen.

Método POST:

```
// crear un paciente
router.post('/api/paciente', (req, res) => {
  let sip = req.body.sip;
  let nombre = req.body.nombre;
  let apellidos = req.body.apellidos;
  let pwd = bcrypt.hashSync(req.body.pwd, bcrypt.genSaltSync(9));
  let edad = req.body.edad;
  let peso = req.body.peso;
  let genero = req.body.genero;
  let medico = req.body.medico;

  let sql = `INSERT INTO usuario (sip, nombre, apellidos, pwd,
edad, peso, genero, medico) VALUES (?, ?, ?, ?, ?, ?, ?, ?)`;

  mysqlConex.query(sql, [sip, nombre, apellidos, pwd, edad, peso,
genero, medico], (err, data) => {
    if (err) {
      console.log(err);
    } else {
      console.log('Paciente añadido');
    }
  });
});
```

Método PUT:

```
// modificar medico
router.put('/api/medico/:colegiado2', (req, res) => {
  let { colegiado2 } = req.params;

  let colegiado = req.body.colegiado;
  let nombre = req.body.nombre;
  let apellidos = req.body.apellidos;
  let pwd = req.body.pwd;

  let sql = `UPDATE medico SET colegiado= ?, nombre= ?, apellidos=
?, pwd= ? WHERE colegiado= ?`;

  mysqlConex.query(sql, [colegiado, nombre, apellidos, pwd,
colegiado2], (err, rows, data) => {
    if (!err) {
      console.log('Medico modificado correctamente');
    } else {
      console.log(err);
    }
  });
});
```

Método DELETE:

```
// eliminar recomendacion
router.delete('/api/recomendacion/:id_recomendacion', (req, res) => {
  let { id_recomendacion } = req.params;

  let sql = 'DELETE FROM recomendacion WHERE id_recomendacion= ?';

  mysqlConex.query(sql, [id_recomendacion], (err, rows, data) => {
    if (!err) {
      console.log('Recomendacion borrada');
    } else {
      console.log(err);
    }
  });
});
```

Método GET:

```
// obtener enfermedades asociadas a un paciente
router.get('/api/paciente/:usuario_sip/enfermedad', (req, res) => {
  let { usuario_sip } = req.params;

  let sql = `SELECT e.id_enfermedad, e.nombre_enfermedad,
e.descripcion
            FROM usuario u, enfermedad e,
enfermedades_has_usuarios h
            WHERE usuario_sip= ? AND sip= ? AND
h.id_enfermedad=e.id_enfermedad`;

  mysqlConex.query(sql, [usuario_sip, usuario_sip], (err, rows,
data) => {
    if (!err) {
      res.json(rows[0]);
    } else {
      console.log(err);
    }
  });
});
```

8.3. FrontEnd

El FrontEnd es la parte del programa a la cual el usuario final puede acceder. Proporciona la comunicación entre el usuario y el sistema. En el FrontEnd podemos encontrar las tecnologías de diseño y desarrollo web. En este caso esta fachada se ha creado para dos tipos de dispositivos. Por un lado, la parte web que se ejecuta en un navegador. Por otra, la parte de aplicación móvil, que se ejecuta en un Smartphone.

8.3.1. Aplicación web y aplicación móvil

Se han llevado a cabo dos proyectos bien diferenciados ya que uno está destinado a ejecutarse en un navegador web, por parte de los médicos, y otro está destinado a ejecutarse en un dispositivo móvil, los pacientes. Ahora se describen ambos desarrollos.

Aplicación web: Para el desarrollo de la web se ha utilizado Angular en su versión estable para la implementación de la lógica junto con TypeScript para agilizar, estandarizar y hacer más robusto el código.

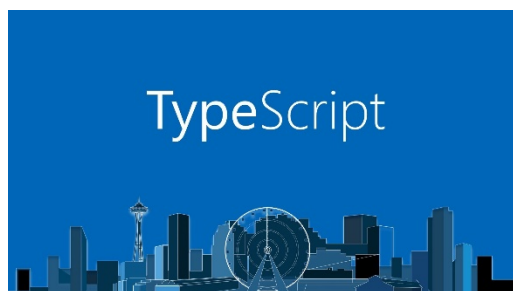


Figura 43. Angular y TypeScript

Fuente: angular.io y typescriptlang.org

Angular, al tratarse de un framework de JavaScript, utiliza HTML, CSS y el propio lenguaje de JS para desarrollar su código. Esto se ve ya que cada componente de Angular cuenta con tres carpetas bien diferenciadas. Una carpeta “Component.ts” donde se encuentra toda la lógica y programación del componente, la carpeta “Component.html” donde se encuentra todo el lenguaje de etiquetas del contenido que verá el usuario y por ultimo una carpeta “Component.css” donde se crearan los estilos visuales del componente.

Por otro lado, encontramos un archivo “services.ts” en el que se establece la comunicación entre el proyecto de angular y la API que creamos.

```
obtenerRitmos(paciente:number) {  
    return  
    this.http.get<Ritmo[]>(`${this.API_URI}/umbral/${paciente}`);  
}
```

Para dar estilo se ha hecho uso de Bootstrap 4, ya que es un sistema muy intuitivo para dar formato a los elementos HTML. Para la maquetación de los distintos componentes se ha utilizado el módulo FlexBox de CSS.

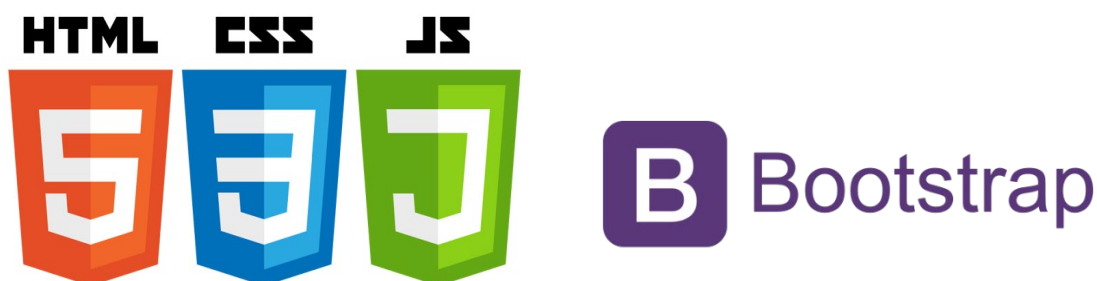
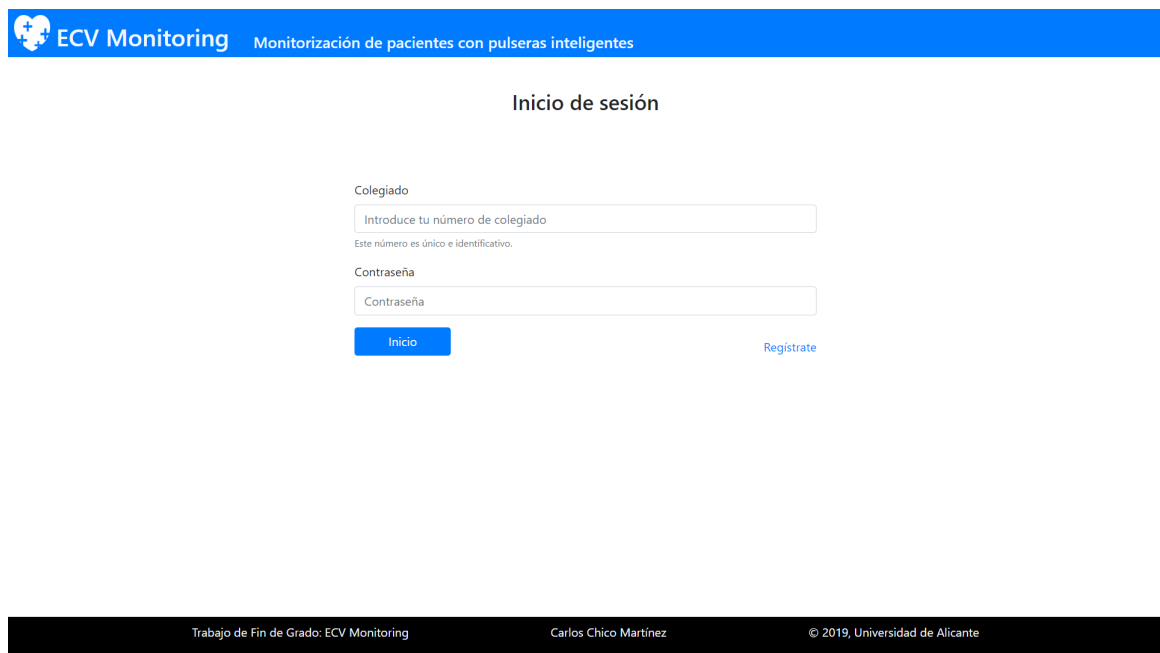


Figura 44. HTML, CSS, JS y Bootstrap

Fuente: w3.org

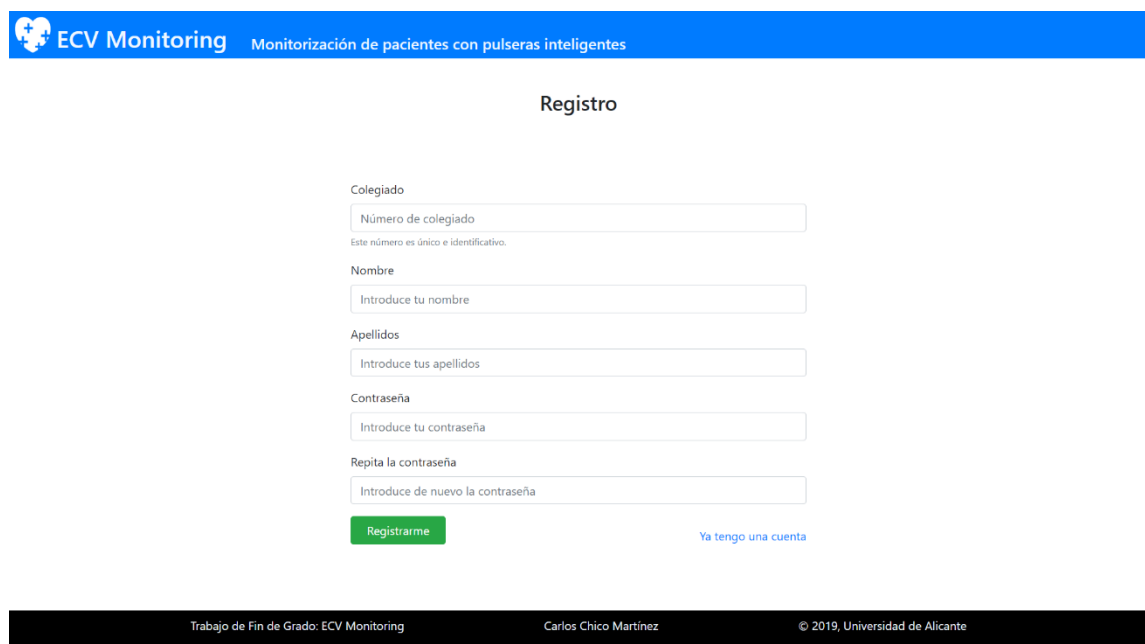
A continuación, se muestran algunas pantallas pertenecientes a la aplicación web. En ellas se expone una pequeña descripción de las mismas.



The screenshot shows the login page of the ECV Monitoring application. At the top, there is a blue header with the ECV Monitoring logo and the text "Monitorización de pacientes con pulseras inteligentes". Below the header, the title "Inicio de sesión" is centered. The login form consists of two input fields: "Colegiado" (with a placeholder "Introduce tu número de colegiado" and a note "Este número es único e identificativo.") and "Contraseña" (with a placeholder "Contraseña"). Below these fields are two buttons: "Inicio" (blue) and "Regístrate" (blue). At the bottom, there is a black footer with the text "Trabajo de Fin de Grado: ECV Monitoring", "Carlos Chico Martínez", and "© 2019, Universidad de Alicante".

Figura 45. Página de inicio

Pantalla de inicio, es la primera pantalla que encontrará el médico al acceder a la web. En esta página puede autenticarse o bien navegar a la página de registro. Hasta que un usuario no se autentica no se muestra la barra de navegación del sitio.



The screenshot shows the registration page of the ECV Monitoring application. At the top, there is a blue header with the ECV Monitoring logo and the text "Monitorización de pacientes con pulseras inteligentes". Below the header, the title "Registro" is centered. The registration form consists of several input fields: "Colegiado" (with a placeholder "Número de colegiado" and a note "Este número es único e identificativo."), "Nombre" (with a placeholder "Introduce tu nombre"), "Apellidos" (with a placeholder "Introduce tus apellidos"), "Contraseña" (with a placeholder "Introduce tu contraseña"), and "Repita la contraseña" (with a placeholder "Introduce de nuevo la contraseña"). Below these fields are two buttons: "Registrarme" (green) and "Ya tengo una cuenta" (blue). At the bottom, there is a black footer with the text "Trabajo de Fin de Grado: ECV Monitoring", "Carlos Chico Martínez", and "© 2019, Universidad de Alicante".

Figura 46. Formulario de registro

En esta pantalla se muestra el formulario de registro para que el médico pueda crear su cuenta en la plataforma. Todas las páginas en las que se puede agregar algún tipo de información disponen de su propia página con un formulario semejante al que encontramos en esta imagen.

ECV Monitoring Monitorización de pacientes con pulseras inteligentes Bienvenido/a Irene Cases Durán

Pacientes Patologías Medicación Recomendaciones Salir

Pacientes asignados

Fátima Gutierrez Diez	Información
Remedios Martinez Fernandez	Información
Juan Martínez Oller	Información
Manuel Niguez Muñoz	Información

Trabajo de Fin de Grado: ECV Monitoring Carlos Chico Martínez © 2019, Universidad de Alicante

Figura 47. Página de listado de pacientes asignados

El médico al loguearse es redirigido a la página de pacientes. En esta página se muestra un listado de los pacientes que tiene asignados el médico que se ha autenticado. Junto a cada paciente se muestra un botón que le redirige a la página de detalles del paciente, donde se muestra distinta información.

ECV Monitoring Monitorización de pacientes con pulseras inteligentes Bienvenido/a Irene Cases Durán

Pacientes Patologías Medicación Recomendaciones Salir

Detalles del paciente

SIP: 84528763	Umbral de LPM (mínimo - máximo): 54 - 117
Nombre: Juan	Registros fuera del umbral
Apellidos: Martínez Oller	LPM: 119 Fecha: 28/8/2019 17:32:13
Peso: 73	LPM: 52 Fecha: 28/8/2019 17:32:05
Edad: 89	LPM: 51 Fecha: 28/8/2019 17:31:26
Genero: hombre	LPM: 120 Fecha: 28/8/2019 17:31:15
Afección padecida: Aneurisma de aorta	

Trabajo de Fin de Grado: ECV Monitoring Carlos Chico Martínez © 2019, Universidad de Alicante

Figura 48. Página detalles del paciente

En esta página se muestran dos columnas. En la columna izquierda se observa toda la información del paciente, así como la afección que tiene diagnosticada. En la columna derecha se encuentra el umbral de pulsaciones que cuando sobrepase dicho umbral, por arriba o por abajo, es cuando se notificara. En la parte de abajo se muestran los últimos registros de la pulsera que se han salido del umbral.

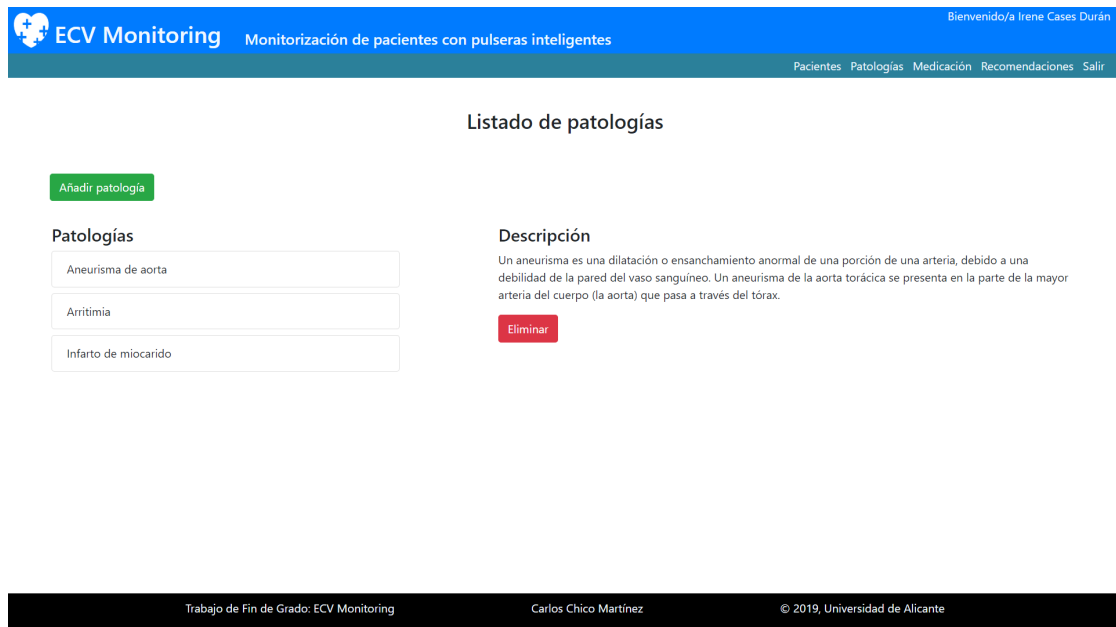


Figura 49. Página lista de patologías

En esta página se muestra un listado de todas las patologías registradas en el sistema, un botón para eliminarlas y otro botón que redirige a un formulario para añadir alguna patología al sistema.



Figura 50. Página listado de medicaciones

En esta pantalla se muestra un listado en forma de tarjetas de las distintas medicaciones. En cada tarjeta se muestra la imagen, el nombre, la descripción y los efectos adversos de cada

una de las medicaciones ingresadas en el sistema. A su vez, cada tarjeta dispone de un botón para eliminar la medicación y otro botón para editarla. En la parte superior del listado un botón redirige a un formulario para poder añadir nuevas medicaciones.

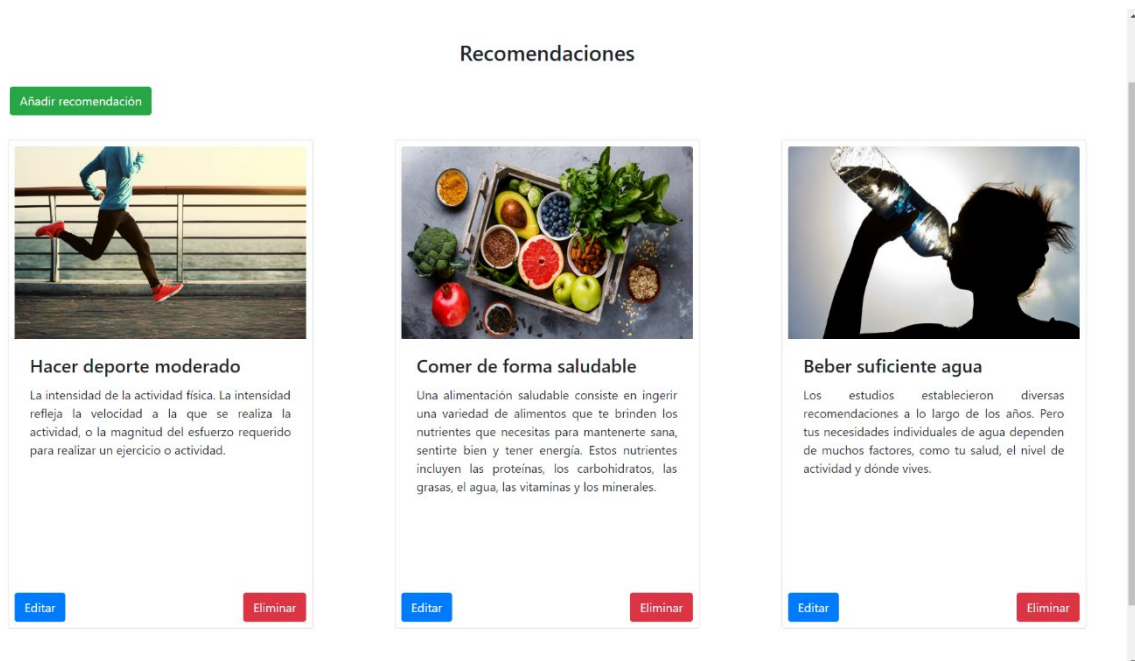


Figura 51. Página de listado de recomendaciones.

Aquí se muestra un listado de tarjetas en las que se pueden ver las recomendaciones para las enfermedades asignadas en el sistema. Cada tarjeta cuenta con un título y una descripción, además de dos botones para eliminar o modificar las recomendaciones. Al inicio del listado un botón de redirección a un formulario para añadir nuevas recomendaciones.

Aplicación móvil: Para el desarrollo de la aplicación móvil se ha hecho uso del framework Ionic. Se ha elegido esta tecnología debido a que con un único desarrollo se puede desplegar la aplicación en móviles Android e iOS. Por otra parte, al tratarse de un framework de Angular y al haber realizado la web con dicha tecnología se ha querido continuar por este sentido dada la familiaridad con el uso de la tecnología.



Figura 52. Ionic

Fuente: ionicframework.com

En un proyecto de Ionic encontramos prácticamente las mismas carpetas que en un proyecto de Angular. Cada página o componente está formado por tres archivos, un archivo “.html” perteneciente al contenido de la página, uno “.scss” donde se almacenan los estilos y un archivo “.ts” donde se encuentra la lógica. Además, encontramos un archivo de servicios donde se establece la comunicación con la API y el servidor.

A continuación, se muestran algunas pantallas pertenecientes a la aplicación móvil. En ellas se expone una pequeña descripción de las mismas.

Las imágenes muestran dos pantallas de la aplicación móvil "ECV Monitoring". Ambas tienen un encabezado azul con un logo de corazón y la descripción "Monitorización de pacientes con pulseras inteligentes".

La pantalla de "Inicio de sesión" (izquierda) contiene:

- Un campo de texto para "SIP".
- Un campo de texto para "Contraseña".
- Un botón azul con el texto "LOGIN".
- Un enlace hipervinculado que dice "¿No eres miembro? Regístrate aquí".

La pantalla de "Registro" (derecha) contiene:

- Un campo de texto para "SIP".
- Un campo de texto para "Nombre".
- Un campo de texto para "Apellidos".
- Un campo de texto para "Edad".
- Un campo de texto para "Peso".
- Un campo de texto para "Género" con un menú desplegable.
- Un campo de texto para "Contraseña".
- Un campo de texto para "Repetir contraseña".
- Un botón azul con el texto "REGISTRARME".
- Un enlace hipervinculado que dice "Ya tengo una cuenta".

Figura 53. Inicio y Registro de la aplicación móvil

Estas capturas pertenecen a las páginas de autenticación y registro de la aplicación móvil. La pantalla de inicio es la primera que ve el usuario al entrar en la aplicación, si no dispone de cuenta tiene a su disposición un enlace que le lleva a la página de registro. En la página de registro encuentra un formulario donde ingresar los datos requeridos para proceder con su registro en el sistema.

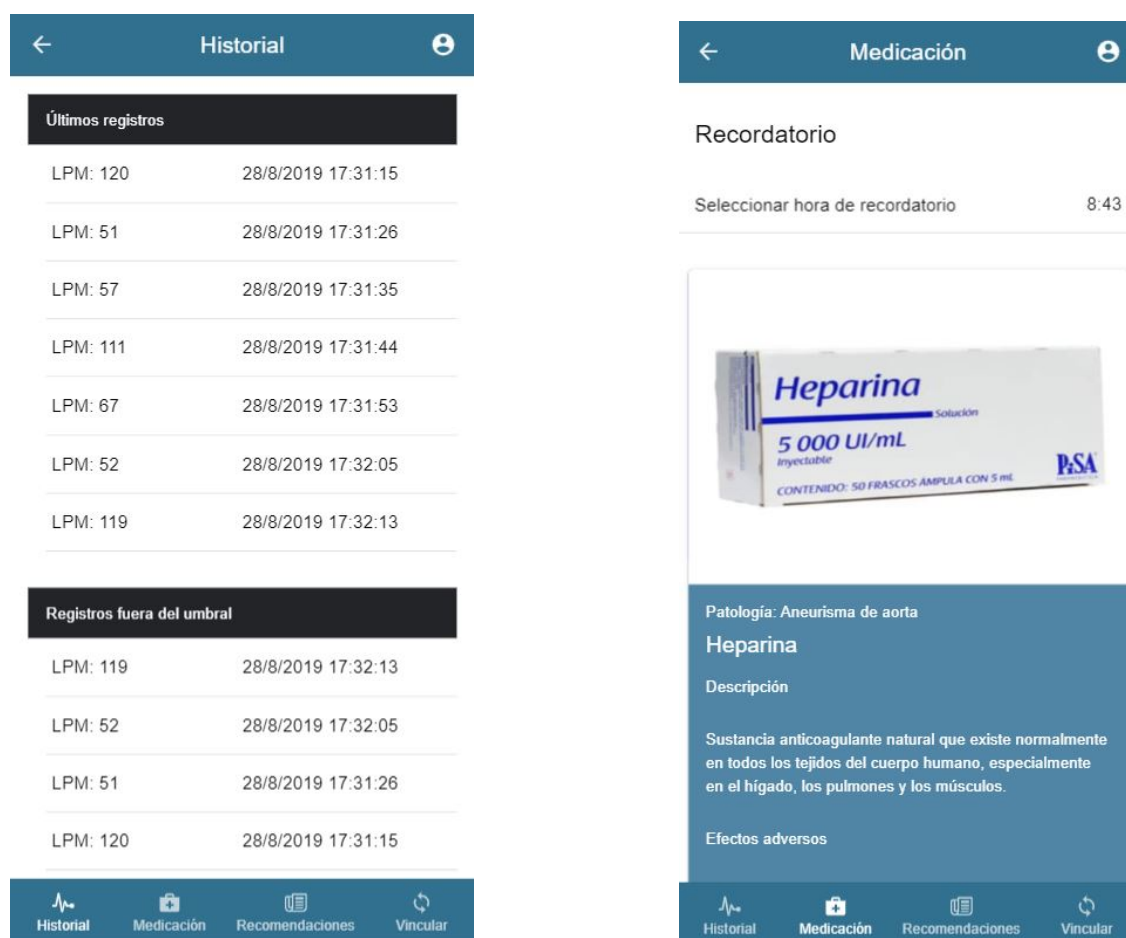


Figura 54. Historial y Medicación de la aplicación móvil

La pantalla de “Historial” es la primera pantalla que ve el usuario al autenticarse, en ella se pueden ver tanto los últimos registros de la pulsera (ritmo y fecha) como los registros que están fuera del umbral que le ha establecido el médico. En la parte superior encontramos un botón para retroceder por las distintas páginas y en la parte inferior un menú para navegar por las secciones de la aplicación.

En cuanto a la página de “Medicación”, el paciente puede consultar la medicación que le ha sido prescrita para tratar su afección, así como establecer un recordatorio para la hora de consumirla.

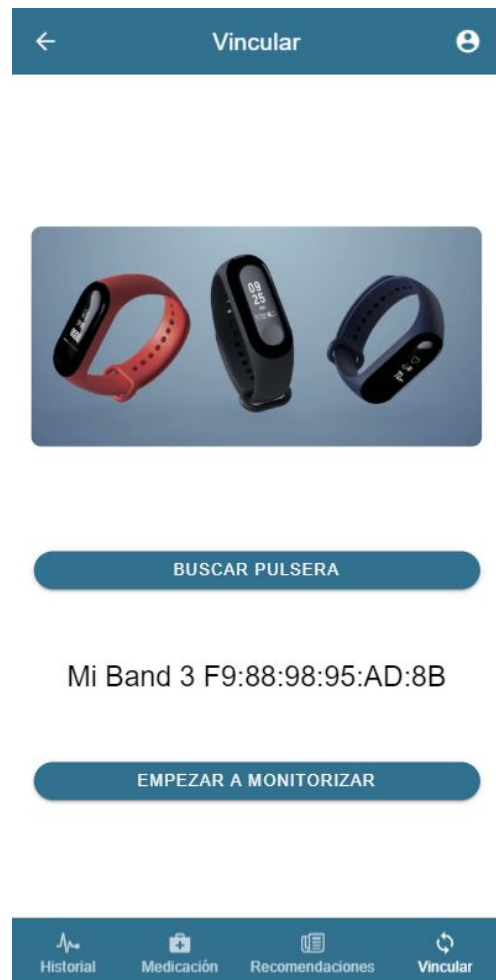


Figura 55. Recomendaciones y Vincular de la aplicación móvil

La página “Recomendaciones” muestra todas las recomendaciones existentes en el sistema, el usuario puede navegar entre ellas en forma de slide. En la página “Vincular” se puede buscar los dispositivos cercanos y emparejarlo al sistema.

9. Conclusión

Una vez finalizado el desarrollo del proyecto se pudo recapitular y ver que se han alcanzado muchos de los objetivos que se plantearon en los requerimientos iniciales.

Se ha conseguido desarrollar un servidor y una API estables que gestiona una gran cantidad de métodos sobre una base de datos también creada y que funciona de manera estable. Por lo que se puede concluir que el apartado del backend se ha finalizado satisfactoriamente.

Por otro lado, se han conseguido crear tanto una aplicación web en Angular y una aplicación móvil con Ionic, las cuales son funcionales y con cierto atractivo visual con algunos efectos muy conseguidos.

Sin embargo, el proyecto no está exento de necesitar cierta continuidad para que funcione de forma más robusta. Por ello, en un sub apartado posterior se expondrá una serie de mejoras para poder llevar a cabo una continuación sobre el estado actual.

9.1. Verificación de los objetivos

Las fases tempranas de investigación se concluyeron de manera correcta. Se consiguió recopilar gran cantidad de información para poder elaborar un estado del arte bastante completo. Sobre todo, teniendo en cuenta el nulo conocimiento al inicio de este proyecto en lo concerniente a la salud del corazón. También se realizó con éxito un estudio sobre las tecnologías y proyectos actuales similares a este. Así como un estudio sobre las pulseras inteligentes que existen en la actualidad en el mercado.

Se realizó un estudio sobre las tecnologías a emplear para desarrollar tanto el servidor como las aplicaciones. Este estudio permitió profundizar en el conocimiento de estas tecnologías, para poder realizar el desarrollo de una forma adecuada.

La etapa de especificación también se concluyó con éxito, estableciéndose los requerimientos y objetivos que se debían cumplir en el proyecto. Así como la realización de un estudio de los posibles riesgos que pudieran suceder durante el desarrollo del mismo.

También se consiguió realizar una etapa de prediseño donde se realizaron una serie de mockups de las aplicaciones que a posteriori permitirá agilizar el proceso de diseño de la parte del cliente.

La última etapa fue la propia de desarrollo de las tres partes que componen el sistema. Tanto el servidor como las dos aplicaciones se concluyeron con relativo éxito. Aunque las aplicaciones son estables, la conexión con la Mi Band 3 no es del todo estable produciéndose en algunas ocasiones algunos resultados poco concluyentes.

9.2. Mejoras para el futuro

Como todo proyecto, no se trata de un sistema perfecto. Por lo que se puede asegurar que hay ciertos apartados en los que se podría mejorar o darle otro enfoque.

- **Ampliar el espectro de pulseras que se puedan utilizar en la aplicación.** En el proyecto realizado solo se ha utilizado la Xiaomi Band 3.
- **Desarrollar aplicaciones para otro tipo de afecciones.** Utilizando distintos sensores de la pulsera, o utilizando una pulsera que tenga otro tipo de sensores, se podría desarrollar otro tipo de aplicaciones orientadas al sector sanitario.
- **Llevar a cabo una investigación de campo.** Utilizando una aplicación lo suficientemente robusta y estable se podría realizar un estudio sobre un conjunto de pacientes reales para determinar la viabilidad real de un proyecto de estas características.

9.3. Valoración personal del proyecto

El proyecto desde un principio me pareció, por su temática, bastante atractivo. Ya que concuerda con mi idea de aplicar la tecnología a ciencias de la salud para mejorar la calidad de vida de las personas que más lo necesitan. Por lo que, en términos generales, el desarrollo de este proyecto ha sido satisfactorio y enriquecedor. También ha conseguido hacerme profundizar en tecnologías con las que no tenía experiencia en su utilización.

Me ha hecho ver que con una buena idea se pueden conseguir grandes objetivos, ya que con una pulsera inteligente se puede llegar a monitorizar el estado cardíaco de un paciente, lo cual puede llegar a salvar vidas. Se ha visto que la conjunción de la sanidad y la tecnología es un gran avance para la sociedad.

El hecho de llevar el desarrollo en solitario de todas las etapas de un proyecto me ha hecho conocer la forma de abordar cada una de las fases de desarrollo que seguro me servirá en mi futuro profesional en este sector.

10. Bibliografía y referencias

1. **Gala M. García.** *TFG Universidad de Alicante: Monitorización de pacientes con pulseras inteligentes.*
2. **Sergio Castro Sola.** *TFG Universidad de Alicante: DCA Control. Prevención y seguimiento de pacientes con epilepsia.*
3. **Diferentes enfermedades del corazón.** *World Heart Federation.*
<https://www.world-heart-federation.org/resources/different-heart-diseases/>
4. **Accidente cerebrovascular.** *Organización Mundial de la Salud.*
https://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/es/
5. **Enfermedad isquémica del corazón.** *Fundación Española del Corazón.*
<https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/cardiopatia-isquemica.html>
6. **Arritmias.** *Fundación Española del Corazón.*
<https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/enfermedades-cardiovasculares/arritmias.html>
7. **Como prevenir enfermedades del corazón.** *MedlinePlus.*
<https://medlineplus.gov/howtopreventheartdisease.html>
8. **Tratamientos.** *Fundación Española del Corazón.*
<https://fundaciondelcorazon.com/informacion-para-pacientes/tratamientos.html>
9. **Componentes de una smartband.** *Digital Trends.*
<https://www.digitaltrends.com/wearables/whats-inside-fitness-tracker-anyway/>
10. **Información sobre el programa de Salud y Bienestar Social del gobierno de España.** *Red.*
<https://www.red.es/redes/es/que-hacemos/e-salud>
11. **Ingeniería inversa.** *Technopedia.*
<https://www.techopedia.com/definition/3868/reverse-engineering>
12. **Justinmind.** *Programa de realización de mockups.*
<https://www.justinmind.com/>
13. **Documentación NodeJS.** *Página web oficial de Node.*
<https://nodejs.org/es/docs/>

14. **Documentación Angular.** *Página oficial de Angular.*
<https://angular.io/docs>
15. **Documentación Bootstrap.** *Página oficial de Bootstrap.*
<https://getbootstrap.com/docs/4.1/getting-started/introduction/>
16. **Documentación de Ionic.** *Página oficial de Ionic.*
<https://ionicframework.com/docs>

11. Anexo

En el anexo del documento entramos información adicional que ayude a las personas que deseen ejecutar las aplicaciones o realizar acciones sobre la API. Al final del documento se dispondrá de un enlace a todo el código del proyecto alojado en la plataforma GitHub.

A continuación, se exponen las llamadas que se pueden realizar a la API. En esta tabla se muestra el tipo de método HTTP, la URI, los valores de entrada en caso de que se necesiten y una pequeña descripción de la llamada.

Método HTTP	URI	Valores de entrada	Descripción
POST	/api/paciente	Sip, nombre, apellidos, contraseña, edad, peso, genero, medico	Registro de un paciente
PUT	/api/paciente/{sip}	Sip, nombre, apellidos, contraseña, edad, peso, genero, medico	Modificar la información del paciente
DELETE	/api/paciente/{sip}	-	Eliminar paciente
POST	/api/paciente/sesion	Sip, contraseña	Login del paciente
GET	/api/paciente/{sip}/ enfermedad	-	Obtener las enfermedades de un paciente
POST	/api/paciente/{sip}/ enfermedad	Id_enfermedad	Asociar enfermedad a un paciente
POST	/api/medico	Colegiado, nombre, apellidos, contraseña	Registrar un medico

PUT	/api/medico/{colegiado}	Colegiado, nombre, apellidos, contraseña	Modificar a un medico
DELETE	/api/medico/{colegiado}	-	Eliminar un medico
GET	/api/medico/{colegiado}/paciente	-	Obtener pacientes asociados a un medico
POST	/api/medico/sesion	Coelgiado, contraseña	Login del medico
POST	/api/medicacion	Nombre, descripción, efectos_adversos, img	Crear medicación
PUT	/api/medicación/{id_medicacion}	Nombre, descripción, efectos_adversos, img	Modificar medicación
DELETE	/api/medicación/{id_medicacion}	-	Eliminar medicación
GET	/api/medicación/{id_medicacion}	-	Obtener una medicación
POST	/api/enfermedad/{id_enfermedad}/medicacion	Id_medicacion	Asociar medicación a una enfermedad
GET	/api/enfermedad/{id_enfermedad}/medicacion	-	Obtener las medicaciones asociadas a una enfermedad

POST	/api/recomendacion	Titulo, descripcion, img	Crear recomendación
PUT	/api/recomendación/ {id_recomendacion}	Titulo, descripción, img	Modificar recomendación
DELETE	/api/recomendación/ {id_recomendacion}	-	Eliminar recomendación
GET	/api/recomendación/ {id_recomendacion}	-	Obtener una recomendación
POST	/api/enfermedad/{id_enfermedad}/ recomendacion	Id_recomendacion	Asociar recomendación a enfermedad
GET	/api/enfermedad/{id_enfermedad}/ recomendacion	-	Obtener recomendaciones asociadas a enfermedad
POST	/api/enfermedad	Nombre_enfermedad, descripcion	Añadir una enfermedad
PUT	/api/enfermedad/{id_enfermedad}	Nombre_enfermedad, descripcion	Modificar enfermedad
DELETE	/api/enfermedad/{id_enfermedad}	-	Eliminar enfermedad
GET	/api/enfermedad/{id_enfermedad}	-	Obtener una enfermedad

POST	/api/pulsera/{usuario_sip}	ritmo	Crear registro de pulsera
GET	/api/pulsera/{usuario_sip}	-	Obtener los registros de un usuario
DELETE	/api/pulsera/{usuario_sip}	-	Borrar los registros de un usuario

Tabla 77. Documentación de la API